

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 378

DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-4-22

А.А. Бойков

Старший преподаватель,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского, д. 78

К.Т. Егiazарян

Ассистент,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119454, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 78

А.В. Ефремов

Старший преподаватель,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119571, Москва, пр-т Вернадского, д. 78

Н.С. Кадыкова

Канд. техн. наук, доцент,
МИРЭА — Российский технологический университет,
Россия, 119571, Москва, пр-т Вернадского, д. 78

Проблемы геометрико-графической подготовки студентов вузов

Аннотация. Отмечается, что геометрико-графические дисциплины традиционно вызывают сложности при изучении у студентов начальных курсов. Указывается, что требования к качеству обучения и обеспечению успеваемости взаимно обратны и находятся в противоречии с ограниченностью числа учебных часов, которое неуклонно сокращается уже многие годы. Приводятся данные о числе часов, выделяемых на изучение геометрико-графических дисциплин в вузах России. Перечисляются основные причины проблем геометрико-графической подготовки студентов. Первая причина — попытка передавать знания и умения из трех различных разделов — математики (начертательная геометрия), информатики (компьютерная графика) и инженерного дела (инженерной графики) в условиях нехватки аудиторных часов. Приводятся сведения о содержании классических учебников начертательной геометрии, инженерной графики. Вторая причина — сложность развития пространственного мышления. Отмечается, что информационные технологии, облегчающие понимание изображений, не решают проблему развития пространственного мышления. Приводятся сведения о неоднородности студентов по психофизиологическим особенностям пространственного мышления в целом и по различным типам математического мышления. Третья причина — плохая начальная подготовка студентов. Указываются особенности и причины. Приводятся основные способы повышения мотивации студентов к изучению геометрико-графических дисциплин. Четвертая причина — неготовность студентов к самостоятельной работе. Указываются причины. Приводятся основные способы повышения эффективности самостоятельной работы студентов. Подробно рассматриваются недостатки автоматического контроля в форме тестирования и автоматической проверки решений графических задач. Пятая причина — различие требований к геометрико-графической подготовке для разных образовательных направлений, специальностей и профилей. Отмечается наличие в геометрико-графическом цикле дисциплин

инвариантного (общего для разных специальностей и профилей подготовки) ядра и предметных настроек. Шестая причина — высокие требования к преподавателям геометрико-графических дисциплин. Отмечается проблема подготовки педагогических кадров высшей школы в области геометрико-графического образования.

Делаются выводы о необходимости создания методической системы подготовки, которая учитывает и решает указанные проблемы.

Ключевые слова: геометрико-графическая подготовка, геометрико-графические дисциплины, высшее техническое образование, анализ проблем, методическая система, управление качеством обучения.

A.A. Boykov

Senior Lecturer,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russia

K.T. Egiazaryan

Assistant,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Av., Moscow, 119571, Russia

A.V. Efremov

Senior Lecturer,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Av., Moscow, 119571, Russia

N.S. Kadykova

Ph. D. of Engineering, Associate Professor,
MIREA — Russian Technological University,
78, Vernadsky Av., Moscow, 119571, Russia

Problems of Geometric-Graphic Training of University Students

Abstract. It is noted that geometric and graphical disciplines traditionally cause difficulties in studying elementary students. It is pointed out that the requirements for the quality of education and ensuring academic performance are mutually inverse and are in conflict with the limited number of teaching hours, which has been steadily declining for many years. Data are given on the number of hours allocated for the study of geometric and graphic disciplines in Russian universities. The main reasons for the problems of geometric and graphic training of students are listed. The first reason is an attempt to give knowledge and skills from three different sections - mathematics (descriptive geometry), computer science (computer graphics) and engineering (engineering graphics) in conditions of shortage of classroom hours. Provides information about the content of classical textbooks of descriptive geometry, engineering graphics. The second reason is the complexity of the development of spatial thinking. It is noted that information technologies that facilitate the understanding of images do not solve the problem of the development of spatial thinking. Information is given on the heterogeneity of students in terms of the psychophysiological features of spatial thinking in general and in terms of various types of mathematical thinking. The third reason is the poor initial preparation of students. Features and reasons are indicated. The main ways of increasing the motivation of students to study geometric and graphic disciplines are given. The fourth reason is

the unpreparedness of students for independent work. Reasons are given. The main ways of increasing the efficiency of students' independent work are given. The shortcomings of automatic control in the form of testing and automatic verification of solutions of graphic tasks are considered in detail. The fifth reason is the difference in the requirements for geometric and graphic training for different educational areas, specialties and profiles. The presence in the geometric-graphical cycle of disciplines of an invariant (common for different specialties and training profiles) core and subject settings is noted. The sixth reason is the high requirements for lecturers of geometric and graphic disciplines. The problem of training lecturing staff of higher education in the field of geometric and graphic education is noted. Conclusions are made about the need to create a methodological training system that takes into account and solves these problems.

Keywords: geometric and graphic training, geometric and graphic disciplines, higher technical education, problem analysis, methodological system, education quality management.

1. Введение

Дисциплины геометро-графического цикла традиционно считаются одними из самых сложных для студентов начальных курсов. При этом к геометро-графической подготовке предъявляются одновременно как требование повысить успеваемость (число студентов, успешно выполняющих поставленный в рамках дисциплин курса объем работ и контрольных заданий), так и требование обеспечить, а в ряде случаев повысить, качество геометро-графической подготовки. Последнее требование, как правило, растворяется в таких формулировках, как «приобретение необходимых профессиональных качеств», «освоение компетенций» и т.п., при этом подразумевается достаточно свободное владение студентами тем или иным графическим пакетом (*CAD*-системой), умение выполнять электронные чертежи, электронные *3D*-модели деталей, сборочных единиц, схемы и текстовые документы (спецификации, ведомости, пояснительные записки) и пр.

Естественным ограничивающим фактором в процессе обучения выступает число учебных часов — аудиторной и самостоятельной работы, предусмотренное в учебных планах для изучения геометро-графических дисциплин. Из вышесказанного становится очевидным противоречие, лежащее в основе любой образовательной практики: если время обучения является естественным конечным ресурсом, тогда повышение качества образования (больше знаний, умений, навыков) ведет к снижению успеваемости (меньше студентов способны дойти до конца), и наоборот, повышение успеваемости (меньше требований к приобретенным знаниям и умениям) автоматически ведет к снижению качества образования.

Тенденция к снижению часов на изучение той или иной дисциплины не является чем-то новым. Уже в

1976 г. отмечалось [35] значительное сокращение числа лекций на преподавание начертательной геометрии (далее — НГ) по сравнению с курсом, который преподавался в первые десятилетия в Политехнической школе в Париже (18 лекций по 2 часа в 1976 г. в СССР вместо 153 лекций). Развитие отечественного образования после распада СССР, переход к Болонской системе, повсеместное введение академического и прикладного бакалавриата — все это сопровождалось постепенным сокращением часов вообще и аудиторных часов в особенности. По срезу, проведенному на основе информации из различных вузов Российской Федерации, выполненному в 2019–2020 гг. (табл. 1.1), в подавляющем числе вузов страны на преподавание дисциплин геометро-графического цикла отводится не более двух семестров, часто — не более одного. При этом на лекции отводится до 16 часов (8 лекций по два академических часа), на практические занятия и лабораторные — 32 (реже 64) часа, что соответствует одному занятию в неделю в течение одного семестра (32 часа), одному занятию в неделю в течение двух семестров (64 часа) или двух занятий в неделю в течение одного семестра (64 часа). При этом на самостоятельную работу выделяется почти столько же времени, сколько на всю аудиторную работу.

Итак, учебное время выступает естественным сдерживающим фактором. Пусть для приобретения условного среднего уровня геометро-графической подготовки среднему студенту требуется решить некоторое число заданий, что обеспечивает приобретение соответствующих знаний, умений и опыта, который можно было бы с уверенностью назвать навыком. Очевидно, что студенты в массе своей обладают неодинаковыми способностями, и наравне с теми из них, кто решает задачи быстрее и успевает решить больше за то же отведенное время, в группах присутствуют такие, кто решает задачи медленнее, успевает решить меньше, а то и вовсе для достижения того же уровня геометро-графической подготовки вынужден решать в полтора, два, три, пять раз больше заданий.

В этих условиях очевидно, что одни студенты будут иметь более высокий уровень подготовки, другие — более низкий. Если условный средний уровень высок, то для достижения желаемых показателей успеваемости потребуется увеличить число часов, чтобы их хватило на самых слабых и медленных. Если не увеличивать число часов, то при тех же высоких требованиях число успевающих будет неумолимо сокращаться. Наконец, если при фиксированном количестве часов мы захотим иметь большое число успевающих, тогда придется ориентироваться на средний достигнутый всеми студентами уровень,

Таблица 1.1

Количество зачетных единиц и часов в различных вузах (по данным 2019-2020 гг.)

№	Вуз	Направления	Количество зачетных единиц*										Кол-во часов	
			Iс	2с	3с	4с	5с	КП	Всего	Ср. знач.	Всего сем.	Кол-во преп.	Часы	Итого
1	МГТУ им. Н.Э. Баумана	15.03.03 Прикладная механика	3/Э(НГ) + 2/ДЗ(ИГ)	2/ДЗ (ИГ + КГ)	2/ДЗ (ИГ + КГ)				7	9,5	2	2	(51+34)+34	119
		15.03.01 Машиностроение							9		3		(51+34)+34+34	153
		24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика							10		4		(51+34)+34+34+34	187
		15.05.01 Проектирование техн. машин и комплексов							12		4		(51+34)+34+51+34	204
2	БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова (СПб.)	Ф-т Ракетно-космической техники	5/Э (НГ)	3 (ИГ)	2/ДЗ (ИГ)				10	12	3	2	180	180
		Ф-т Оружие и системы вооружения	5/Э (НГ)	3 (ИГ)	2/ДЗ (ИГ)	4/Э (САПР)			14		4		64 (САПР)	252
3	СПГУ (СПб. Горный)	Нефтегазовая техника и технология							4	7,4	2	2	51+34	85
		Нефтегазовое дело							5		2		72+34	106
		Строительство подземных сооруж.	+	+				КР	6+1		3		85+68	153
		20.03.01 Техносферная безопасность	НГ	ИГ					7		2		68+54	122
		21.05.04 Горное дело	НГ	ИГ+КГ				КР	7+1		3		64+51	115
		Технология геологической разведки	+	+	+			КР	7+1		4		51+51+51	153
		Горное дело	+	+	+			КР	12+1		4		72+72+72	216
4	МИИГАиК	21.03.03 Геодезия и дист. зондирование	2 (КГ)						2	6,3	1	2	34	34
		07.03.01 Архитектура	5/Э (НГ)	2/ДЗ (НГ)					7		2		64+34	98
		12.03.02 Оплотехника	4(НГ) + 2 (ИГ+КГ)	2 (ИГ+КГ)	2 (ИГ+КГ)				10		3		(34+34)+34+17	119
5	МЭИ	Автоматики и выч. техника	3	2					5	5,5	2	2		89
		Робототехника и энергетика	3	3					6		2			102
6	МГТУ «СТАНКИН»	27.03.01 Стандартизация и метрология	3 (НГ+ИГ)	2 (НГ+ ИГ)					5	10,3	3	2	116	116
		22.03.01 Материаловедение и техн. материалов	3 (НГ+КГ)	1 (НГ+ КГ)	2 (НГ+ КГ)				6		2		72	72
		15.03.06 Мехатроника и робототехника	3 (ИГ)	1 (ИГ) + 2 (КГ)	2 (КГ)				8		4		68+96	164
		15.03.01 Машиностроение	2 (ИГ)	3 (ИГ)	4 (КГ)	4 (КГ)			13		3		56+64	120
		Специалитет (Проектирование техн. машин и комплексов)	ИГ						15		5		216	216
			НГ+КГ						15		5		112+104	216

Продолжение табл. 1.1

№	Вуз	Направления	Количество зачетных единиц*										Всего сем.	Кол-во преп.	Кол-во часов	
			1с	2с	3с	4с	5с	КП	Всего	Ср. знач.	Часы	Итого				
7	СПб. ГУТ им. Бонч-Бруевича	Инженерная и компьютерная графика	4/Э (НГ)	5 (ИГ)							9	9	2	1	(20+40)+ +(20+40)+60	180
8	РГУ Нефти и газа им. И.М. Губкина	Ф-т автоматизики и вычисл. техники	3								3		1	2	17+34	51
		Ф-т химической технологии и экологии	2	2							4		2		(17+17)+34	68
		Ф-т систем трубопроводного транспорта	2	3							5	5,8	2		(17+17)+ +(17+34)	85
		Ф-т инженерной механики	3	4	4						11		3		(17+34)+ +(34+34)+(34+34)	187
9	РХТУ им. Д.И. Менделеева	22.03.01 Материаловедение и техн. материалов	4/ДЗ (НГ)			4 (ИГ)					8	8	1	2	48+64	112
10	БелГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород)	18.03.01 Химическая технология	3/Зач								3		1	2	51	51
		08.03.01 Строительство	ДЗ	ДЗ							5		2		51+34	85
		15.03.01 Машиностроение	Э	ДЗ							6	6	2		51+51	102
		15.03.02 Технологические машины и оборудование	Э	ДЗ	ДЗ						10		4		51+34+34+34	153
11	ПНИПУ (Пермь)	Инженерная геометрия и компьютерная графика	4								4	5	1	2	18+16+29	63
12	КНИТУ-КАИ	Бакалавриат	3/Э	2/Зач							5	7	2	1 (2, 21-... студ.)	(18+16+29)+36	99
		Специалитет	3/Э	2/Зач	4/Э						9		3			
13	ТулГУ (Тула)	27.03.01 Стандартизация и метрология	2/Зач	4/Э							6	7	2	2 (подгрупп-па 16-17 ст.)	34+66	100
		08.03.01 Строительство	2/Зач	2/ДЗ	3/ДЗ					7		3			34+50+34	118
		Оружейники	2	3	3					8		3				136
		22.03.01 Материаловедение	2 (КГ)							2		1	2			36
14	МПУ	08.05.01 Строительство	3	3						6	6,7	2			102	
		23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства	4	4	4					12		3			118	
15	ИРНИТУ (Иркутск)	10.03.01, 11.03.01...02 Информационная безопасность, Радиотехника	2/ДЗ	2/Зач						4		2	2	2	32+32	64
		08.03.01, 07.03... Строительство, архитектура...	2/ДЗ	2/Зач						4	7	2			32+32	64
		09.03.02 Информационные системы и технологии	3/ДЗ			4/Зач				7		2			32+64	96
		24.05.07 Самолетостроение	6/Э, ДЗ	2/ДЗ	2/ДЗ					10		3			80+32+32	144

Окончание табл. 1.1

№	Вуз	Направления	Количество зачетных единиц*										Всего сем.	Кол-во преп.	Кол-во часов	
			1с	2с	3с	4с	5с	КП	Всего	Ср. знач.	Часы	Итого				
16	ИГЭУ (Иваново)	Электромеханика	4						4	6,3	1	2		64		
		Информатика и выч. техника	3	3				6	2			102				
		Тепло и электро-энергетика	4	3				7	2			118				
		Информатика и выч. техника (Программная инженерия)	3	3	2			8	3			136				
17	ЮУрГУ (Челябинск)	08.05.01 Строительство	НГ	ИГ				4	6,3	2	1 (2, 25-... студ.)	25+48	73			
		Механики	НГ	ИГ	КГ			5		3		25+32+32	89			
		Элитная группа	НГ	ИГ				10		2		25+128	153			
18	РГУ им. Косыгина (Москва)	20.03.01 Техносферная безопасность	3 (НГ+ИГ+КП)	2 (НГ+ИГ+КП)				5	8,2	2	2	54+36	90			
		29.03.05 Констр. изд. легк. промыш.	4 (ИГ)	2 (ИГ)				6		2		68+34	102			
		15.03.02 Технологические машины	4 (ИГ)	4 (ИГ)				8		2		72+72	144			
		09.03.02 Информац. техн. в дизайне	4 (ИГ)				4 (КГ)	8		2		72+72	144			
		09.03.01 Информат. и вычисл. техника	6 (ИГ)				4 (КГ)	10		2		72+72	144			
		Остальные	6	6				12		2			216			
19	МГАХИ им. Сурикова (Москва)	07.03.01 Архитектура	1,5 (НГ)	1,5 (НГ)	1,5 (НГ)	1,5 (НГ)		6	6	4	группа 15 студ.	36+36+28+28	128			
20	РТУ МИРЭА	Все технические и технологические направления	3					для РТС	3	3	1	1	16+32	48		

* Условные обозначения: 1с...5с – номер семестра, КП – курсовое проектирование, КР – курсовая работа, Э – экзамен, ДЗ – диф. зачет, Зач – зачет, названия дисциплин: НГ – Начертательная геометрия, ИГ – Инженерная графика, КГ – Компьютерная графика, НГ+ИГ – Начертательная геометрия и инженерная графика, НГ+ИГ+КГ – Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика

который неминуемо окажется ниже уровня наилучших из них. Связь указанных составляющих образовательного процесса легко изобразить следующей схемой (рис. 1).



Рис. 1. Связь между основными компонентами учебного процесса

Эти простые и понятные рассуждения создают фон к пониманию клубка проблем, стоящих в области геометро-графического образования и на сегодняшний день не имеющих однозначного и универсального решения.

Исследований, посвященных выявлению конкретных причин низкой успеваемости студентов по геометро-графическим дисциплинам, проблем в их изучении, путей их преодоления известно много [2; 16; 36; 49; 52; 63]. Наиболее полный их перечень, а также ранжирование по значимости приведены в работе [52]. Перечислим их.

1. Необходимость в рамках геометро-графической подготовки, кроме геометрической составляющей, обеспечить формирование у студентов специальных качеств (в частности, владение программами 3D-моделирования).
2. Специфика предмета, которая связана с формированием и развитием пространственного мышления, которое изначально в достаточной степени имеется у небольшого процента обучающихся.
3. Различная восприимчивость обучаемых как к содержанию дисциплин, так и к различным методикам преподавания.
4. Отсутствие достаточной школьной подготовки, усугубляющееся в последнее время рядом факторов, таких как исключение черчения из школьных программ, повсеместным введением ЕГЭ и др.
5. Необходимость большого объема самостоятельной работы, к которой вчерашние школьники, приходя в вуз, оказываются не готовы, не умеют организовать процесс добычи и приобретения знаний, умений, навыков.
6. Большой объем специальных знаний и навыков, приобретаемых в рамках геометро-графической подготовки: знания по геометрии, начертательной

геометрии, стандартам в области подготовки проектной документации, интерфейсам и приемам работы в той или иной программе.

7. Различие требований и содержания геометро-графической подготовки для разных направлений, специальностей, профилей.
8. Соответствие качества геометро-графической подготовки запросам общества, например, когда промышленность ожидает, что выпускники смогут конструировать сложные технические объекты, а в действительности оказывается, что они не способны самостоятельно начертить без грубых ошибок простую деталь.
9. Соответствие преподавательских кадров требованиям сегодняшнего дня, под которыми понимается не знание предмета, а зачастую посторонние качества — привлекательность, владение программами монтажа видео, умение вести видеоблог (канал) и др.

Далее в главе мы будем рассматривать эти проблемы и пути их решения подробнее.

2. Противоречивые задачи геометро-графического образования

К дисциплинам геометро-графического цикла традиционно относят начертательную геометрию, инженерную и компьютерную (машинную) графику. Приведем здесь соответствующие определения:

Начертательная геометрия — раздел математики, изучающий способы изображения пространственных объектов на плоскости и решения пространственных задач при помощи таких изображений [28].

Компьютерная графика — раздел информатики, изучающий способы создания, обработки, воспроизведения изображений при помощи компьютерной техники [18]. В контексте геометро-графического образования, как правило, это означает приобретение опыта работы в той или иной компьютерной системе автоматизации проектных работ для решения задач создания электронных чертежей и трехмерных геометрических моделей.

Труднее всего с термином «инженерная графика», который в одних учебниках заменяют словом «черчение» [4], в других — разделяют на «начертательную геометрию» и «техническое черчение» [60], в третьих определяют как дисциплину через ее функции — выработку знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, эскизов, составления конструкторской документации [15]. Мы используем следующее определение.

Инженерная графика — раздел инженерной науки, изучающий правила оформления конструкторских документов, а также некоторые специфические при-

емы, например, инженерные расчеты при помощи изображений.

Поскольку в настоящее время к конструкторским документам также относятся трехмерные модели — электронная модель детали и электронная модель сборочной единицы [22], трехмерное геометрическое моделирование, позволяющее создавать и редактировать такие модели, естественным образом включается в инженерную графику.

В настоящее время три перечисленных раздела изучают в рамках одного курса общей длительностью в один или два семестра, который включает 8 лекций и 16 или 32 практических занятия. За это время студенты должны приобрести и закрепить устойчивые знания и умения из трех совершенно различных разделов — математики, информатики и инженерного дела. Для большинства студентов начальных курсов эти знания являются не только новыми, но и совершенно непривычными и трудно воспринимаемыми. Говорить о том, что выделяемое в настоящее время число часов на их изучение недостаточно, излишне.

В ставших классическими курсах начертательной геометрии предполагается решение сотен задач для постепенного неторопливого привыкания, понимания, закрепления — сборник задач Х.А. Арустамова [3] содержит 639 задач, В.О. Гордона, Ю.Б. Иванова, Т.Е. Солнцевой [19] — 335 задач, И.И. Котова, Е.В. Амиянца, В.А. Осипова [37] — 343 задачи, программированный учебник под редакцией Н.Ф. Четверухина [40] — 235 задач и т.д.

Классические учебники инженерной графики содержат множество разделов ГОСТа — форматы, масштабы, линии, шрифты, изображения, нанесение размеров, допусков и шероховатостей, все виды разборных и неразборных соединений, зубчатые зацепления, пружины, построение эскизов, рабочих и сборочных чертежей, схем, разработку спецификаций, детализование.

Для сравнения укажем лишь, что официальный курс производителя САПР «Компас-3D», состоящий из двух частей — черчения и трехмерного моделирования деталей и сборочных единиц — составляет 64 академических часа (32 + 32), т.е. почти все время, выделяемое в вузе на комплекс из трех разделов. Базовый курс «Основы проектирования» в САПР «AutoCAD» на сайте specialist.ru — 32 + 16 академических часов аудиторной нагрузки.

Дальнейшее планирование и организация учебного процесса осуществляется в условиях острой нехватки аудиторных часов и сопровождается сокращением изучаемого материала (тем и разделов), переводом части материала из аудиторной в самостоятельную работу, информационной поддержкой

графическими, мультимедийными и интернет-ресурсами. До какой степени инновационные методики преподавания и информационные технологии способны компенсировать нехватку аудиторных часов — вопрос открытый.

3. О сложности развития пространственного мышления

Многие исследователи отмечают, что студенты, изучающие геометро-графические дисциплины на начальных курсах, имеют слабо развитое пространственное мышление [16; 26; 42; 46; 52; 54 и др.]. Проблемы отмечаются и у школьников, поскольку основы пространственного мышления закладываются в возрасте до 3 лет и развиваются в дошкольном и школьном возрасте [14; 33; 34]. Поэтому для подавляющего числа студентов тренировка и развитие пространственного воображения — задача исключительно трудоемкая.

В настоящее время предлагается множество различных способов повышения наглядности проекционных изображений из разделов начертательной геометрии и инженерной графики [30; 31; 44; 48; 49; 54; 58]: фильмы и анимации, интерактивные трехмерные модели с возможностью рассмотреть предмет с разных сторон и выполнить любое сечение, убрать или вернуть части и т.п., технологии виртуальной и дополненной реальности и пр. Все эти приемы позволяют облегчить восприятие, поясняют проекционные чертежи и эффективно решают проблему понимания изображений.

Следует отметить, однако, что понимание само по себе еще не является овладением. Можно прекрасно понимать, как устроен велосипед и как на нем переместиться из пункта А в пункт Б, но любая попытка сесть за руль будет долгое время завершаться падением. Подобных примеров можно привести множество — плавание, управление автомобилем, катание на коньках или сноуборде. Везде, где в процессе достижения цели задействовано тело, привычка (в данном случае умение распознавать трехмерные объекты на плоских изображениях), понимание должны подкрепляться многочисленными тренировками, которые обеспечивают образование в мозгу устойчивых нейронных связей.

В противном случае любые посторонние помощники (трехмерные модели, интерактивные анимации и пр.) — как костыли, не помогают, но препятствуют развитию необходимого навыка.

Отдельным фактором является неоднородность студентов не только по уровню знаний (оценке ЕГЭ), но и по психофизиологическим особенностям. Так, И.С. Якиманская в обсуждении к проведенному

исследованию выделяет общие признаки школьников, попавших в различные группы [62]:

- 1) школьники с наилучшими результатами тестов (правильное решение и наименьшее время) называли любимыми предметами геометрию, черчение, труд и рисование, а главными своими трудностями — не выучивание теорем и геометрических правил;
- 2) школьники со средними результатами (в целом правильное решение, но более низкий темп по сравнению с первой группой) называли любимыми предметами рисование, биологию, алгебру, химию, а главными трудностями то, что они заучивают правила, но не могут быстро обнаруживать пространственные соотношения;
- 3) школьники с низкими результатами (с трудом справились с решением, потребовалась помощь экспериментатора) называли любимыми предметами физкультуру, историю и литературу и отметили, что «ничего не видят» в пространстве.

В работе И.Я. Каплуновича и Н.И. Верзиловой показаны пять разновидностей математического мышления [32]: топологическая, проективная, порядковая, метрическая, алгебраическая. Люди с той или иной преобладающей разновидностью мышления находят различные способы решения той или иной задачи. Освоить способ решения задачи, характерный для другой разновидности мышления, человек может только после того, как найдет решение «своим» способом.

Понимание, что разным студентам требуется разный методический подход, легко объясняет следующий известный в педагогической практике факт. Реальным, а не кажущимся помощником в изучении начертательной геометрии и инженерной графики, является знание правил (конструктивных алгоритмов решения задач) и умение применять их на практике [10]. В этом случае решение дается за счет тренировки других участков головного мозга, тренировка все равно происходит, а результат — правильный чертеж — уже может быть воспринят зрительно, «прочитан» и применен как тренажер пространственного воображения. **Повсеместное же применение костылей в виде 3D-моделей даже для самых простых фигур и деталей расслабляет разум и не развивает пространственное воображение.**

Насколько известно авторам, специальных исследований, посвященных выбору наиболее подходящей методики преподавания геометро-графических дисциплин для студентов с теми или иными особенностями мышления, не проводилось, не выявлялся процент студентов с той или иной разновидностью мышления на технических специальностях или строительных, в робототехнике, химической технологии,

машиностроении или энергетике. Все это еще предстоит сделать.

Поэтому, не отрицая полезность современных технических средств обучения и соответствующих методик, не станем отбрасывать классические, показавшие свою эффективность не на одном поколении студентов. Кому-то более всего поможет бумажный учебник, кому-то — фильм или интерактивная 3D-модель. Отметим характерный пример методики преподавания, показанный в [53], где все задания выполняются в ручном (классическом) и современном (3D) вариантах.

4. Плохая начальная подготовка

Ряд специальных исследований [16; 47; 49] показывает в общем-то предсказуемый результат: поступающие в вуз школьники подготовлены очень плохо. Это все равно что ставить в забег хромого участника.

Чтобы изучать геометро-графические предметы, необходимо:

- 1) знать школьную геометрию — что такое все эти точки, прямые, окружности, квадраты и ромбы, шары, цилиндры, пирамиды, призмы и тетраэдры, только тогда из них легко будет составлять валы, шатуны и штурцы и пр.;
- 2) уметь изображать простые фигуры, желательно пространственные, — например, куб, цилиндр, пирамиду с сечением; такие опыты закладываются на уроках рисования и позже, если повезет, — черчения, на занятиях по рисунку в художественной школе;
- 3) уметь собирать конструктор, желательно не *LEGO*, а такой, где детали соединяются шпильками, винтами, хомутами; во-первых, это позволит не путать болт, винт, шпильку и гайку, познакомит с резьбой, во-вторых, научит читать схемы сборки моделей, приучит к проекционным изображениям как способу передачи пространственной информации;
- 4) не будут бесполезными уроки труда, работа на токарном и сверлильном станке, изготовление «своими руками» простых игрушек и предметов быта — молотков, корзин для конфет и овощей;
- 5) информатика и в первую очередь программы трехмерного моделирования, знакомство с простыми САПР, 3D-принтером.

Внимательно посмотрев на этот список, легко понять, что школьник, прошедший такую подготовку, скорее всего не будет испытывать трудностей, решая в разделе начертательной геометрии те же самые задачи из школьного курса геометрии, но теперь на проекциях, а в разделе инженерной графики — изображая соединение болтом и шпилькой.

Наоборот, школьник, сдавший ЕГЭ без единого вопроса по геометрии, без уроков труда, рисунка и черчения в школе, умеющий только запускать компьютерную игру на телефоне — и вправду будет выглядеть жалко. Он не плохой, он просто не тренировался и не готов к забегу.

Кажется вполне естественным, что такие школьники не должны идти на технические специальности: есть гуманитарные науки, экономика, статистика, информационные технологии, физическая культура, актерское мастерство, музыка и многое другое. К сожалению, это не работает.

В [16] в ходе исследования выясняется, что до 87% первокурсников испытывают сложности с изучением начертательной геометрии. Более подробный анализ приводит к еще более интересным выводам: лишь 28% поступают на техническую специальность осознанно, имея интерес к профессии, а 20% не планируют работать по специальности. Почему? Школа не только не дала достаточной подготовки, хуже всего то, что она не обеспечила профориентацию школьников, и они поступили учиться профессии, которая им не нужна.

Результат предсказуем. Исследование, проведенное в [47], показывает, что не более 12% студентов серьезно относятся даже к профилирующим предметам, 12–60% ничего не делают. По данным из [16], до 49% студентов не ставят перед собой никакой цели при изучении (даже сдача экзамена/зачета не является целью). То есть до половины всех студентов не имеют никакой мотивации к изучению предметов, если учеба требует усилий.

Но вуз не занимается профориентацией. Учить приходится тех студентов, которые были зачислены и пришли на занятия первого сентября. Поэтому основной комплекс предлагаемых мер нацелен на повышение мотивации. При этом разными авторами предлагается:

- усиление наглядности и интерактивного взаимодействия для активизации студентов, пробуждения интереса и т.п. [31; 48; 61];
- организация привычной студентам интернет-ориентированной учебной среды [7; 38; 59; 63];
- использование нескольких подходов к выполнению заданий [53; 61];
- использование неклассического (альтернативного) подхода к преподаванию на основе 3D-моделирования [20];
- использование практико-ориентированного и предметного обучения [1; 36; 39; 55];
- использование дополнительных мероприятий — творческих заданий, олимпиад, конкурсов и т.п. [29; 31; 36; 41];
- использование стратегии «геймификация» [56];
- использование стратегии «перевернутый курс» [17].

5. Неготовность к самостоятельной работе

Меньше всего студентов (13%) связывают плохую успеваемость с неумением организовать самостоятельную работу [16]. Однако среднее фактическое время самостоятельной работы по предмету ниже планового на 25–35%. Низок и качественный показатель самостоятельной работы — сложности даже на репродуктивном уровне, невнимательность, спешка, небрежность. Проявляются две негативные тенденции — студент пытается организовать самостоятельную работу под непосредственным контролем преподавателя (испытывает неуверенность в каждом собственном действии) либо пытается ввести преподавателя в заблуждение в период контрольных мероприятий.

Фактором, негативно влияющим на качество самостоятельной работы студентов, является необходимость изучать компьютерные редакторы и САПР, поскольку это отодвигает на второй план фундаментальную инженерную подготовку [36]. Задача автоматизации состоит в том, чтобы, проанализировав поставленную задачу, инженер вначале осмысливал ситуацию, сопоставлял требования и возможности, выбирал подход с минимальными издержками и приемлемой эффективностью. Использование такого инструмента, как САПР, для решения учебных задач далеко не всегда оптимально по сравнению с другими инструментами [45]. В случае же перевода всех видов учебных работ в компьютерный вариант у студента создается впечатление, что без САПР обойтись нельзя; в трехмерный формат — что плоские чертежи не нужны и бесполезны. В любом случае теряется главное — возможность проанализировать проблему, увидеть разные варианты ее решения, выбрать оптимальный. Но в этом и состоит одна из главных задач инженера. На этом фоне характерно, что в ряде отраслей промышленности наблюдается нехватка квалифицированных инженеров-конструкторов, отмеченное в [24].

Предлагаемые подходы для повышения эффективности самостоятельной работы:

- предоставление подробных текстовых и интерактивных пособий по выполнению заданий курса ([30; 44; 48] и многие др.);
- введение дополнительных краткосрочных «корректирующих» курсов для слабых студентов [24];
- усиление контроля в виде систем тестирования ([9; 25; 29; 30; 38; 56–58] и многие др.);
- создание систем автоматической проверки решений графических заданий [5; 8; 11; 57];
- предоставление специальных творческих заданий, НИРС и участие в олимпиадах для получения дополнительных баллов [36; 38; 41].

Таким образом, меры по повышению эффективности самостоятельной работы условно можно разделить на три группы:

- 1) образцы решения графических заданий — сюда относятся электронные архивы чертежей и моделей, электронные учебники, текстовые, графические и мультимедийные методические материалы к решению, а также организация корректирующих занятий для слабых студентов;
- 2) творческие задания могут быть предметно-ориентированными, чисто «геометрическими», носить соревновательный характер (олимпиады и конкурсы) или форму научной работы;
- 3) контрольные мероприятия — традиционный контроль (проверка аудиторных и домашних работ), тестирование и автоматизированная проверка решений графических задач.

Очевидно, что все перечисленные группы мер необходимы, и именно комплексное их применение способно принести положительный эффект.

Одновременно с этим нельзя не признать, что именно контрольные мероприятия за счет разнообразных функций (не только информационной и диагностической, но и стимулирующей, организаторской, развивающей, воспитательной) делают продуктивными меры всех трех групп. Важность контроля в процессе обучения общеизвестна ([13; 21; 27; 43; 50] и многие др.). И именно контроль в форме устных опросов, проверки решений графических задач, РГР, домашних работ занимает больше всего времени преподавателя в процессе геометро-графической подготовки. Контроль должен быть, по возможности, оперативным, а проверка производится в присутствии студента, чтобы он мог разъяснить любые непонятные моменты. Но в этом случае нагрузка на аудиторные часы возрастает многократно. Даже две минуты на обсуждение каждой работы в группе из 25 человек требует более половины занятия. В условиях дефицита аудиторных часов это неприемлемо.

Чтобы в таких условиях организовать учебный процесс, высвободить время можно двумя способами:

- 1) сократить время выполнения графических работ, например, выполнять работы дома — проверять в аудитории;
- 2) сократить время проверки, например, организовать контроль так, чтобы проверка выполнялась автоматически.

Увеличение объема домашних работ обладает тем недостатком, что обеспечить самостоятельность выполнения работ невозможно. Причем вне зависимости от строгости проверки попытки сдать чужие работы будут предприниматься, и самые отъявленные авантюристы из числа студентов попадут прямоком

в число не сдавших. Отмеченное в [16] отсутствие у значительной доли студентов цели на уровне хотя бы сдачи зачета/экзамена гарантирует равнодушное отношение к плохим оценкам и угрозе не сдать рубежный контроль с первого раза.

Поэтому очень привлекательной оказывается альтернатива автоматизации процедуры контроля.

Самым простым решением оказывается проводить контроль в форме тестов — тесты сравнительно легко создать, технические средства, которые позволяют провести тестирование, сгенерировать индивидуальный набор вопросов из некоторого пула, сохранить ответы и вычислить оценку, чрезвычайно распространены и доступны. Имеются многочисленные публикации, в которых утверждается эффективность такой формы контроля. Мы отметим лишь один неоспоримый аргумент против тестирования как основной формы контроля в геометро-графической подготовке: студенты, которые изучают предмет под контролем системы тестирования, в конечном итоге приобретают и закрепляют навык проходить тесты, не имеющий ничего общего с навыком решать геометро-графические задачи, строить чертежи и модели. Тестирование полезно в качестве вспомогательного инструмента контроля, но, поскольку основная деятельность выпускника связана не с прохождением тестов, а с прикладной инженерной деятельностью, именно эта деятельность должна закрепляться в навыках.

Второй подход — автоматизация проверки решений графических задач — более перспективен, но встречает другие сложности: автоматическая проверка чертежей и трехмерных моделей в настоящее время возможна исключительно для отдельных типов заданий (подробнее в обзорной части публикаций [5; 8; 12]), но не в общем случае. Создание системы автоматической проверки (своеобразного геометрического редактора) — задача сложная и трудоемкая, и даже будучи создана, такая система окажется непривычна и потребует отдельной тренировки. Можно сказать, что она будет проверять и закреплять навык работы именно в своем геометрическом редакторе. Сколь-нибудь подробный анализ имеющихся систем и подходов, их влияние на геометро-графическую подготовку в целом — на владение методами начертательной геометрии, знание ГОСТов и приемов инженерной графики, исследование в контексте разных типов мышления студентов, различной начальной подготовки и т.д. — не производился. Это отдельная сложная работа. Поэтому говорить о реальной эффективности этого подхода на сегодняшний день преждевременно.

Следует учитывать еще и тот факт, что любые технологии автоматической проверки — на основе

тестов или полноценных задач, особенно работающие в дистанционном режиме, могут использоваться в учебном процессе лишь ограниченно, поскольку здесь также очень трудно обеспечить самостоятельность выполнения заданий. В качестве примера приведем способности студентов-иностранцев РТУ МИРЭА, которые способны сдать дистанционный зачет или экзамен на прекрасном русском языке по любому предмету, но, оказавшись в аудитории с преподавателем, отказываются отвечать на вопросы по чертежам, потому что не понимают их, и убегают на пересдачу, если заставить их выключить Интернет в мобильном телефоне.

Главная функция тестов и автоматически проверяемых заданий, на наш взгляд, состоит в обеспечении верифицируемости тем, разделов и задач курса для повышения эффективности самостоятельной работы, т.е. для симуляции преподавателя-консультанта, подсказывающего студенту его ошибки, если сам он их обнаружить не может [6]. В конечном счете, главная задача геометро-графической подготовки состоит не в том, чтобы студент ответил на вопросы и сдал правильные чертежи и модели, а в том, чтобы научился решать задачи и, решая, уметь самостоятельно себя проверить.

6. Особенности геометро-графической подготовки для разных образовательных направлений и профилей

Еще одна организационная проблема геометро-графического курса состоит в том, что он является базовым для всех без исключения инженерных специальностей и профилей подготовки, как, например, высшая математика или физика. И, как у математики или физики, у геометро-графического цикла есть инвариантное (общее) ядро и предметные надстройки — для химиков-технологов, архитекторов, радиоэлектриков, механиков, инженеров-дорожников, тепло- и электроэнергетиков и т.д. Кроме того, некоторым направлениям подготовки и профилям требуется более высокий уровень геометро-графической подготовки (инженеры-конструкторы, инженеры-технологи), другим — менее высокий (инженеры-химики, инженеры в области сетевых технологий и связи). В [51] для решения этой проблемы предлагается унификация геометро-графического курса в вариантах по 3, 4, 6 и 8 зачетных единиц. К сожалению, в большинстве вузов унификация курсов осуществляется без учета специфики направлений и профилей обучения к некоторому усредненному (и даже минимальному) объему.

Для наиболее полного усвоения материалов курса (от общего к частному) необходимо сначала изу-

чить ядро курса, затем рассмотреть подробнее частные приемы и задачи, характерные для того или иного направления и профиля. Только это может обеспечить качественное владение изучаемым предметом и готовность применять знания и навыки на практике, как того требует современная промышленность. Очевидно, в условиях дефицита часов это невозможно.

Если изучать только общее без частного, на первый план выступают высокий уровень абстракции материала, что негативно сказывается на мотивации студентов к обучению, и, как следствие, мало кто из студентов будет способен совершить переход «к частному» самостоятельно, т.е. применить знания к решению практических задач, в том числе на производстве.

Если сократить курс только до предметно-ориентированных задач, не будет реализовано обучение от частного к общему, студенты получают фрагментарные знания о том, как решить ту или иную конкретную задачу, но не смогут самостоятельно обобщать приемы решения для своей практической деятельности.

Требуется баланс между общим и частным, абстрактным и предметным. Удачные примеры известны ([1; 2; 20; 36; 38; 53; 55] и многие др.), и необходимо применять этот опыт в практике преподавания.

Появляются сложности и в информационной поддержке геометро-графических курсов — так, интернет-ресурс, ориентированный на обучение химиков-технологов, должен будет отличаться по содержанию от такого же для инженеров-радиотехников. Размещение всей информации в рамках единого ресурса создает путаницу и накладки. Создание нескольких ресурсов приводит к дублированию информации и впоследствии — трудозатрат по ее обновлению. К примеру, новые версии САПР появляются ежегодно, а это требует оперативной переработки методического материала — текстов пособий, иллюстраций и видеоуроков.

Все это необходимо учитывать при разработке рабочих программ дисциплины, что неминуемо повышает для преподавателя трудоемкость разработки и информационной поддержки таких программ.

7. Требования к наставнику

Из вышесказанного становится понятным, что преподаватель геометро-графических дисциплин одновременно должен обладать уникальным набором качеств, знаний, навыков и опыта:

- 1) обладать развитым пространственным мышлением;
- 2) знать геометрию, начертательную геометрию, уметь решать задачи проекционными способами;

- 3) знать требования ЕСКД, уметь выполнять чертежи деталей, сборочных единиц, схемы, составлять спецификации и текстовые документы;
- 4) владеть одной или несколькими САПР, регулярно повышать квалификацию, поскольку ежегодно появляются новые версии;
- 5) вести научную деятельность в области геометрии, графики или геометрического моделирования, регулярно выступать с докладами и публиковаться;
- 6) владеть программами создания текстовых, графических, мультимедийных ресурсов, размещения их в сети Интернет.

Перечисленное в пп. 1–4 является обязательным исходя из содержания геометро-графического курса, остальные требуются в соответствии с современными тенденциями в образовании и промышленности. Кроме того, к преподавателям предъявляется также ряд формальных требований — возраст, образование, наличие ученой степени и др.

Все это говорит об объективной ценности хороших педагогов высшей школы вообще и геометро-графических курсов в частности как для высшего образования РФ, так и для конкретных вузов. Не всякий выпускник технического вуза, строго говоря, подходит для того, чтобы стать ассистентом на графической кафедре. Сколько потребуются лет, чтобы он стал хорошим преподавателем, — отдельный вопрос.

В последние годы в стране функционируют только два диссертационных совета по научной специальности 05.01.01 «Инженерная геометрия и компьютерная графика». В период с 2013 по 2022 г. защищены всего 19 диссертаций (3 — докторские). На этом фоне остро встает вопрос ресурса для восполнения педагогических кадров высшей школы в области геометро-графического образования.

На практике продолжается сокращение учебных часов [23; 51; 53; 59 и многие др.]. Это ведет к сокращению числа ставок на кафедрах графики, а затем —

к слиянию кафедр графики с другими, часто случайными кафедрами [63]. В результате часть преподавателей уходит, часть остается на микроскопических долях ставки и вынуждена совмещать преподавательскую деятельность с посторонней, геометро-графические курсы начинают вести преподаватели «присоединенных» кафедр — неспециалисты.

8. Выводы

Был рассмотрен комплекс проблем геометро-графической подготовки студентов технических вузов. Анализ показал, что многие проблемы в области геометро-графического образования не решены.

Обозначены базовые ограничения геометро-графической подготовки: требования к качеству образования, к показателям успеваемости студентов, выделенный объем часов аудиторной и самостоятельной работы.

Для достижения баланса между базовыми ограничениями требуется методическая система, которая учитывает необходимость:

- 1) совмещать в рамках базовой геометро-графической подготовки обучение одновременно по трем направлениям — начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике.
- 2) использовать разные методики изложения материала с учетом психо-физиологических особенностей студентов;
- 3) специальных мероприятий, повышающих мотивированность студентов к обучению ввиду отсутствия достаточной школьной подготовки, недостаточной самостоятельности подавляющего числа студентов.
- 4) предметной ориентации процесса геометро-графической подготовки с учетом различных требований для разных направлений, специальностей и профилей;
- 5) обеспечить учебный процесс квалифицированными педагогами высшего образования.

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: 10.1237/14419.
2. Андриюшина Т.В. Оптимизация структуры и содержания графических дисциплин с позиции модульно-компетентностного подхода [Текст] / Т.В. Андриюшина, Г.Н. Свичкарева, В.А. Ковалев // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 1. — № 1. — С. 77–79. — DOI: 10.12737/2098.
3. Арустамов Х.А. Сборник задач по начертательной геометрии [Текст] / Х.А. Арустамов — М.: Машиностроение, 1978. — 445 с.
4. Боголюбов С.К. Инженерная графика: учебник для средних специальных и высших учебных заведений [Текст] / С.К. Боголюбов — М.: Машиностроение, 2002. — 352 с.
5. Бойков А.А. Автоматизация проверки инженерно-графических заданий [Текст] / А.А. Бойков // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. — 2016. — Т. 1. — С. 99–120.
6. Бойков А.А. Верифицируемость инженерно-графических задач как необходимое условие эффективной

- самостоятельной работы [Текст] / А.А. Бойков // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. — Пермь: ПНИПУ, 2016. — Т. 1. — С. 177–190.
7. Бойков А.А. Использование компьютерной системы для методического обеспечения графических курсов [Текст] / А.А. Бойков // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 1. — № 2. — С. 52–53. — DOI: 10.12737/791.
 8. Бойков А.А. Компьютерная проверка решений задач начертательной геометрии для инженерно-графического образования [Текст] / А.А. Бойков // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 2. — С. 66–81. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-66-81.
 9. Бойков А.А. О применении графических мультитестов в системе компьютерного обучения по инженерной графике [Текст] / А.А. Бойков // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. Материалы V Междунар. научно-практ. интернет-конференции (г. Пермь, февраль-март 2015 г.). — Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. — С. 341–355.
 10. Бойков А.А. К вопросу о методике использования алгоритмов при решении задач начертательной геометрии [Текст] / А.А. Бойков, А.А. Сидоров, А.М. Федотов // Геометрия и графика. — 2018. — Т. 6. — № 3. — С. 56–68. — DOI: 10.12737/article_5bc45add9a2b21.45929543.
 11. Бойков А.А. Инструмент для решения задач начертательной геометрии из раздела «Точка, прямая, плоскость» и их проверки [Текст] / А.А. Бойков, А.А. Федотов // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. Международной науч.-практ. конф. 20 апреля 2018 года Брест, Республика Беларусь Новосибирск, Российская Федерация. — Брест: Изд-во БрГТУ, 2018. — С. 41–46.
 12. Бойков А.А. Обзор компьютерных технологий для проверки и самопроверки решений графических задач [Текст] / А.А. Бойков, А.А. Федотов // Проблемы координации работы технических вузов в области повышения качества инженерно-графической подготовки студентов: материалы науч.-метод. конф. (с. Дивноморское, 10–16 сентября 2018 г.); Донской гос. техн. ун-т. — Ростов н/Д: Изд-во ДГТУ, 2018. — С. 171–189.
 13. Бочарова И.Н. Организация контроля знаний студентов по инженерной графике в техническом университете [Текст] / И.Н. Бочарова, С.Г. Демидов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2020. — № 5–3. — С. 102–104.
 14. Василенко А.В. Уровни развития пространственного мышления учащихся на уроках геометрии [Текст] / А.В. Василенко // Наука и школа. — 2011. — № 2. — С. 62–65.
 15. Волошин-Челпан Э.К. Начертательная геометрия. Инженерная графика: учебник для химико-технологических специальностей вузов. [Текст] / Э.К. Волшин-Челпан. — М.: Академический проект, 2009. — 183 с.
 16. Вольхин К.А. Проблемы графической подготовки студентов технического университета [Текст] / К.А. Вольхин, Т.А. Астахова // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 3. — С. 25–30. — DOI: 10.12737/6522.
 17. Воронина М.В. «Перевернутый» курс инженерной геометрии и компьютерной графики [Текст] / М.В. Воронина, О.Н. Мороз // Геометрия и графика. — 2017. — Т. 5. — № 4. — С. 52–67. — DOI: 10.12737/article_5a1800312afad8.68723389.
 18. Геометрическое моделирование в инженерной и компьютерной графике: учеб. пособие [Текст] / К.Л. Панчук, А.А. Ляшков, Н.В. Кайгородцева, Л.М. Леонова; Минобрнауки России, ОмГТУ. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. — 460 с.
 19. Гордон В.О. Сборник задач по курсу начертательной геометрии [Текст] / В.О. Гордон, Ю.Б. Иванов, Т.Е. Солнцева. — М.: Наука, 1977. — 352 с.
 20. Горнов А.О. Базовая геометро-графическая подготовка на основе 3D-электронных моделей [Текст] / А.О. Горнов, Е.В. Усанова, Л.А. Шацлло // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 3. — С. 43–49. — DOI: 10.12737/6524.
 21. Горшенева И.А. Функции и формы контроля как важнейшего компонента учебно-воспитательного процесса [Текст] / И.А. Горшенева, А.К. Буравлева, Е.А. Буравлев // Вестник экономической безопасности. — 2018. — № 4. — С. 301–304.
 22. ГОСТ 2.102–2013. ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов. — М.: Стандартинформ, 2014.
 23. Григорьевская Л.П. Разработка специальных дидактических средств для повышения качества обучения дисциплине «Инженерная графика» [Текст] / Л.П. Григорьевская, Л.Б. Григорьевский, А.В. Полкова // Сибирский педагогический журнал. — 2011. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-spetsialnyh-didakticheskikh-sredstv-dlya-povysheniya-kachestva-obucheniya-discipline-inzhenernaya-grafika>
 24. Грошева Т.В. К вопросу об эффективности мониторинга качества графической подготовки студентов [Текст] / Т.В. Грошева, Г.Г. Шелякина // Геометрия и графика. — 2017. — Т. 5. — № 4. — С. 75–82. — DOI: 10.12737/article_5a18072dd1a667.42394929.
 25. Долотова Р.Г. Применение информационных образовательных ресурсов для повышения эффективности самостоятельной работы студентов [Текст] / Р.Г. Долотова, А.Е. Долотов // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24382> (дата обращения: 15.01.2023).
 26. Ечмаева Г.А. Пространственное мышление педагогов профессионального обучения в области технических дисциплин: постановка проблемы [Текст] / Г.А. Ечмаева // Современные наукоемкие технологии. — 2018. — № 9. — С. 171–176.
 27. Засов С.В. Пути совершенствования методов контроля знаний учащихся по начертательной геометрии [Текст] / С.В. Засов, Е.С. Шнарас, Л.Л. Андриюшенкова // Вестник Учебно-методического объединения по образова-

- нию в области природообустройства и водопользования. — 2011. — № 3. — С. 141–144.
28. *Иванов Г.С.* Начертательная геометрия: учебник [Текст] / Г.С. Иванов. — 3-е изд. — М.: Изд-во МГУЛ, 2012. — 340 с.
 29. *Иванова М.А.* Развитие конструктивно-геометрического мышления при творческой работе учащихся в процессе изучения инженерной графики [Текст] / М.А. Иванова, С.Б. Клименкова, Е.Ю. Воронина // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2012. — № 5.
 30. *Игнатъев С.А.* Дополненная реальность в начертательной геометрии [Текст] / С.А. Игнатъев, З.О. Третьякова, М.В. Воронина // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 2. — С. 41–50. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-41-50.
 31. *Игнатъев С.А.* Опыт разработки электронных средств обучения для преподавания геометро-графических дисциплин [Текст] / С.А. Игнатъев, З.О. Третьякова, А.И. Фоломкин, О.Н. Мороз // Геометрия и графика. — 2017. — Т. 5. — № 2. — С. 84–92. — DOI: 10.12737/article_5953f362d92c46.58282826.
 32. *Каплунович И.Я.* Учет индивидуальных особенностей мышления при обучении учащихся решению математических задач [Текст] / И.Я. Каплунович, Н.И. Верзилова // Психологическая наука и образование. — 2003. — № 4. — С. 74–80.
 33. *Коногорская С.А.* Особенности пространственного мышления и их взаимосвязь с учебной успешностью обучающихся [Текст] / С.А. Коногорская // Научно-педагогическое обозрение. — 2017. — № 1. — С. 142–152.
 34. *Коногорская С.А.* Особенности развития компонентов пространственного мышления школьников на разных ступенях общего образования [Текст] / С.А. Коногорская // Ученые записки Российского государственного социального университета. — 2019. — Т. 18. — № 4. — С. 91–99.
 35. *Королевич А.И.* Элементы теории информации в геометрии графического отображения [Текст] / А.И. Королевич // Сборник науч.-метод. статей по НГ и ИГ. — Вып. 3. — М.: Высшая школа, 1976. — С. 66–69.
 36. *Котиц Т.М.* Проблемы и решения при компьютеризации графических дисциплин в вузе [Текст] / Т.М. Котиц, А.М. Башкатов, Д.А. Юрочкина // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 4. — С. 22–27. — DOI: 10.12737/6528.
 37. *Котов И.И.* Сборник задач по начертательной геометрии. (На принципах программированного обучения) [Текст] / И.И. Котов, Е.В. Амианц, В.А. Осипов — М.: Высшая школа, 1970. — 192 с.
 38. *Крайнова М.Н.* О создании учебно-методического комплекса для сопровождения графической подготовки студентов [Текст] / М.Н. Крайнова, Е.П. Александрова, И.Д. Столбова, Л.В. Кочурова // Геометрия и графика. — 2015. — Т. 3. — № 2. — С. 29–37. — DOI: 10.12737/1216.
 39. *Кулдыбаев А.К.* Современный практико-ориентированный подход к осуществлению преподавания инженерной графики [Текст] / А.К. Кулдыбаев // Педагогика и психология. — 2021. — № 4. — С. 148–159.
 40. Курс начертательной геометрии (с учетом принципов программированного обучения) [Текст] / под ред. Н.Ф. Четверухина. — М.: Высшая школа, 1968. — 266 с.
 41. *Логиновский А.Н.* Формирование и развитие профессиональных навыков студентов в курсе начертательной геометрии [Текст] / А.Н. Логиновский, Л.И. Хмарова, Е.А. Усманова // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 3. — № 2. — С. 46–51. — DOI: 10.12737/12168.
 42. *Нефедовский В.А.* Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика [Текст] / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.В. Терехов // Гуманитарные и социальные науки. — 2021. — № 2. — С. 226–237.
 43. *Паклина А.В.* Контроль в системе профессионального образования: сущность, задачи, требования [Текст] / А.В. Паклина // Вестник Шадринского государственного педагогического института. — 2013. — № 3. — С. 25–30.
 44. *Петухова А.В.* Инженерно-графическая подготовка студентов строительных специальностей с использованием современных программных комплексов [Текст] / А.В. Петухова // Геометрия и графика. — 2015. — Т. 3. — № 1. — С. 47–58. — DOI: 10.12737/10458.
 45. *Сальков Н.А.* Качество геометрического образования при различных подходах к методике обучения [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 4. — С. 47–60. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-47-60.
 46. *Сарбалина Б.Дж.* Методика развития пространственного мышления студентов по инженерной графике [Текст] / Б.Дж. Сарбалина, А.А. Таскаирова, А.Г. Джакупов // Вестник педагогических наук. — 2021. — № 7. — С. 153–158.
 47. *Семагина Ю.В.* Об эффективности геометро-графической подготовки студентов [Текст] / Ю.В. Семагина, С.И. Павлов, А.В. Кострюков // Научно-методический электронный журнал «Концепт». — 2016. — Т. 15. — С. 1921–1925.
 48. *Серга Г.В.* Использование мультимедийных технологий для проведения занятий по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» для студентов инженерно-строительного факультета КГАУ [Текст] / Г.В. Серга, Н.Н. Кузнецова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). — Краснодар: Изд-во КубГАУ, — 2015. — № 107. — С. 1780–1793.
 49. *Скорюкова Я.Г.* Нулевой контроль как составная часть методики обучения геометро-графическим дисциплинам [Текст] / Я.Г. Скорюкова, А.Г. Буда, О.П. Мельник // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 2. — С. 32–36. — DOI: 10.12737/5589.

50. Спасская Н.А. Контроль знаний курсантов на занятиях по начертательной геометрии и инженерной графике [Текст] / Н.А. Спасская, Г.И. Ильина // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. — 2017. — Т. 11. — № 1. — С. 114–116.
51. Столбова И.Д. Актуальные проблемы графической подготовки студентов в технических вузах [Текст] / И.Д. Столбова // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 1. — С. 30–41. — DOI:10.12737/386.
52. Столбова И.Д. Об обеспечении качества предметного обучения студентов технического университета [Текст] / И.Д. Столбова // Геометрия и графика. — 2015. — Т. 3. — № 4. — С. 27–37. — DOI: 10.12737/17348.
53. Суфляева Н.Е. Современные аспекты преподавания графических дисциплин в технических вузах [Текст] / Н.Е. Суфляева // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 4. — С. 28–33. — DOI: 10.12737/8294.
54. Тен М.Г. Формирование профессиональных компетенций студентов технических специальностей в процессе графической подготовки [Текст] / М.Г. Тен // Геометрия и графика. 2015. — Т. 3. — № 1. — С. 59–63. — DOI: 10.12737/10459.
55. Томилин С.А. Обеспечение производственной направленности процесса обучения инженерной графике практико-ориентированных бакалавров [Текст] / С.А. Томилин, Р.А. Ольховская, А.Г. Федотов // Концепт. — 2016. — № 3. — С. 86–90.
56. Томилова О.В. Опыт применения концепции геймификации для повышения эффективности учебных занятий [Текст] / О.В. Томилова // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. — 2015. — Т. 1. — С. 376–389.
57. Турутина Т.Ф. Применение информационных технологий в методике проверки графической грамотности будущих специалистов [Текст] / Т.Ф. Турутина, Д.В. Третьяков // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 1. — С. 45–56. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-45-56.
58. Усанова Е.В. Психолого-педагогические аспекты геометро-графической подготовки в техническом вузе с использованием медиатехнологий и CAD-систем [Текст] / Е.В. Усанова // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 1. — № 1. — С. 59–62. — DOI: 10.12737/2093.
59. Хусаинов Р.Н. Пути повышения эффективности занятий по дисциплине «Начертательная геометрия. Инженерная графика» [Текст] / Р.Н. Хусаинов, Л.М. Васильева, В.В. Сагадеев, И.В. Грудина, С.Н. Михайлова // Вестник технологического университета. — 2011. — Вып. 23. — С. 330–334.
60. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учеб. для немаш. спец. вузов. [Текст] / А.А. Чекмарев. — М.: Высшая школа, 1988. — 335 с.
61. Чепурных Н.К. Повышение эффективности преподавания инженерной графики [Текст] / Н.К. Чепурных // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. — 2009. — № 3. — С. 109–114.
62. Якиманская И.С. Развитие пространственного мышления школьников. [Текст] / И.С. Якиманская — М.: Педагогика, 2005. — 240 с.
63. Ярошевич О.В. Резервы совершенствования геометро-графической подготовки современного инженера [Текст] / О.В. Ярошевич, Н.В. Зеленовская // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 2. — С. 37–42. — DOI: 10.12737/5590.

References

1. Abrosimov S.N., Tihonov-Bugrov D.E Proektno-konstruktorskoe obuchenie inzhenernoj grafike: vchera, segodnya, zavtra [Design-design engeneering graphics: yesterday, today, tomorrow]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2016, V. 3, I. 3, pp. 47–57. DOI: 10.1237/14419. (in Russian)
2. Andrijushina T.V., Svichkareva G.N., Kovalev V.A. Optimizaciya struktury i soderzhaniya graficheskikh kursov s pozicij modul'no-kompetentnostnogo podhoda [Optimization of structure and content of graphic courses from the perspective of modular and competence approach]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2013, V. 1, I. 1, pp. 77–79. DOI: 10.12737/2098. (in Russian)
3. Arustamov KH.A. *Sbornik zadach po nachertatel'noy geometrii* [Collection of tasks on descriptive geometry]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1978. 445 p. (in Russian)
4. Bogolyubov S.K. *Inzhenernaya grafika* [Engineering graphics]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2002. 352 p. (in Russian)
5. Boykov A.A. Avtomatizaciya proverki inzhenerno-graficheskikh zadaniy [Automation of verification of engineering and graphic tasks]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskom vuze: tradicii i innovacii* [Problems of quality of graphic preparation of students in a technical university: traditions and innovations]. Perm, PNIPU Publ. 2016. V. 1, pp. 99–120. (in Russian)
6. Boykov A.A. Verifitsiruyemost' inzhenerno-graficheskikh zadach kak neobkhodimoye usloviye effektivnoy samostoyatel'noy raboty [Verification of engineering and graphic tasks as a necessary condition for effective independent work]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskom vuze: tradicii i innovacii* [Problems of quality of graphic training of students at a technical university: traditions and innovations]. Perm', PNIPU 2016, V. 1, pp. 177–190. (in Russian)
7. Boykov A.A. Ispol'zovanie komp'yuternoy sistemy dlya metodicheskogo obespecheniya graficheskikh kursov [Using the computer system for the methodical maintenance of graphic courses]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2013, V. 1, I. 2, pp. 52–53. DOI: 10.12237/791. (in Russian)
8. Bojkov A.A. Komp'yuternaya proverka reshenij zadach nachertatel'noy geometrii dlya inzhenerno-graficheskogo obrazovaniya [Computer verification of solutions to problems of descriptive geometry for engineering and graphic education].

- Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 2, pp. 66–81. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-66-81. (in Russian)
9. Boykov A.A. O primenении graficheskikh mul'titestov v sisteme komp'yuternogo obucheniya po inzhenernoy grafike [On the application of the graphic Multitest in computer-based training system for engineering graphics]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzov: traditsii i innovatsii* [Problems of quality graphic preparation of students in a technical college: tradition and innovation]. PGU Publ., 2015, pp. 341–355.
 10. Bojkov A.A., Sidorov A.A., Fedotov A.M. K voprosu o metodike ispol'zovaniya algoritmov pri reshenii zadach nachertatel'noy geometrii [On the question of the method of using algorithms in solving problems of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2018, V. 6, I. 3, pp. 56–68. DOI 10.12737/article_5bc45add-9a2b21.45929543. (in Russian)
 11. Bojkov A.A., Fedotov A.M. Instrument dlya resheniya zadach nachertatel'noy geometrii iz razдела «Tochka, pryamaya, ploskost'» i ikh proverki [A tool for solving problems of descriptive geometry from the section «Point, line, plane» and their verification]. *Innovatsionnyye tekhnologii v inzhenernoy grafike: problemy i perspektivy. Sb. tr. Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. 20 aprelya 2018 goda Brest, Respublika Belarus' Novosibirsk, Rossiyskaya Federatsiya. Brest: BrGTU* [Innovative technologies in engineering graphics: problems and prospects: Sat. tr. International scientific and practical. conf. April 20, 2018 Brest, Republic of Belarus Novosibirsk, Russian Federation]. Brest, BrGTU. 2018, pp. 41–46.
 12. Bojkov A.A., Fedotov A.M. Obzor komp'yuternykh tekhnologiy dlya proverki i samoproverki resheniy graficheskikh zadach [Overview of computer technologies for checking and self-checking solutions to graphic problems]. *Problemy koordinatsii raboty tekhnicheskikh vuzov v oblasti povysheniya kachestva inzhenerno-graficheskoy podgotovki studentov: materialy nauch.-metod. konf.* [Problems of coordinating the work of technical universities in the field of improving the quality of engineering and graphic training of students: materials of the scientific method. conf.]. Rostov-on-Don, DSTU. 2018, pp. 171–189. (in Russian)
 13. Bocharova I.N., Demidov S.G. Organizatsiya kontrolya znaniy studentov po inzhenernoy grafike v tekhnicheskoy universitete [Organization of control of students' knowledge in engineering graphics at a technical university]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk* [International Journal of the Humanities and Natural Sciences]. 2020, I. 5-3, pp. 102–104. (in Russian)
 14. Vasilenko A.V. Urovni razvitiya prostranstvennogo myshleniya uchashchikhsya na urokakh geometrii [Levels of development of spatial thinking of students in geometry lessons]. *Nauka i shkola* [Science and school]. 2011, I. 2, pp. 62–65. (in Russian)
 15. Voloshin-Chelpan Je.K. *Nachertatel'naya geometriya. Inzhenernaya grafika* [Descriptive geometry. Engineering graphics]. Moscow, Akademicheskij proekt Publ., 2009. 183 p. (in Russian)
 16. Volkhin K.A., Astakhova T.A. Problemy graficheskoy podgotovki studentov tekhnicheskogo universiteta [Problems of graphic training of students of the technical university]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2014, V. 2, I. 3, pp. 25–30. DOI: 10.12737/6522. (in Russian)
 17. Voronina M.V., Moroz O.N. «Perevyornutyj» kurs inzhenernoy geometrii i komp'yuternoy grafiki [«Inverted» course of engineering geometry and computer graphics]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2017, V. 5, I. 4, pp. 52–67. DOI: 10.12737/article_5a1800312afad8.68723389. (in Russian)
 18. Panchuk K.L., Lyashkov A.A., Kaygorodtseva N.V., Leonova L.M. *Geometricheskoye modelirovaniye v inzhenernoy i komp'yuternoy grafike* [Geometric modeling in engineering and computer graphics]. Omsk, Izd-vo OmGTU Publ., 2015. 460 p. (in Russian)
 19. Gordon V.O., Ivanov YU.B., Solntseva T.Ye. *Sbornik zadach po kursu nachertatel'noy geometrii* [Collection of tasks for the course of descriptive geometry]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 352 p. (in Russian)
 20. Gornov A.O., Usanova Ye.V., Shatsillo L.A. Bazovaya geometro-graficheskaya podgotovka na osnove 3D-elektronnykh modelej [Basic geometrical graphic preparation based on 3D-electronic models]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2014, V. 2, I. 3, pp. 43–49. DOI: 10.12737/6524. (in Russian)
 21. Gorsheneva I.A., Buravleva A.K., Buravlev Ye.A. Funktsii i formy kontrolya kak vazhneyshego komponenta uchebno-vospitatel'nogo protsessa [Functions and forms of control as an essential component of the educational process]. *Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti* [Bulletin of economic security]. 2018, I. 4, pp. 301–304. (in Russian)
 22. GOST 2.102–2013. YESKD. *Vidy i komplektnost' konstruktorskikh dokumentov* [GOST 2.102–2013. ESKD. Types and completeness of design documents]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. (in Russian)
 23. Grigorevskaya L. P., Grigorevskiy L. B., Polkova A. V. Razrabotka spetsial'nykh didakticheskikh sredstv dlya povysheniya kachestva obucheniya distsipline «Inzhenernaya grafika» [Development of special didactic tools to improve the quality of teaching the discipline «Engineering Graphics»]. *Sibirskiy pedagogicheskij zhurnal* [Siberian Pedagogical Journal]. 2011. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-spetsialnykh-didakticheskikh-sredstv-dlya-povysheniya-kachestva-obucheniya-disttsipline-inzhenernaya-grafika>. (in Russian)
 24. Grosheva T.V., Shelyakina G.G. K voprosu ob effektivnosti monitoringa kachestva graficheskoy podgotovki studentov [To the question of efficiency quality monitoring graphic preparation students]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2017, V. 5, I. 4, pp. 75–82. DOI: 10.12737/article_5a18072dd1a667.42394929. (in Russian)
 25. Dolotova R.G., Dolotov A.Ye. Primeneniye informatsionnykh obrazovatel'nykh resursov dlya povysheniya effektivnosti

- samostoyatel'noy raboty studentov [The use of information educational resources to improve the efficiency of independent work of students]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2016, I. 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24382> (accessed 15 January 2023). (in Russian)
26. Yechmayeva G.A. Prostranstvennoye myshleniye pedagogov professional'nogo obucheniya v oblasti tekhnicheskikh disciplin: postanovka problem [Spatial thinking of teachers of vocational training in the field of technical disciplines: problem statement]. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii* [Modern high technologies]. 2018, I. 9, pp. 171–176. (in Russian)
 27. Zasov S.V., Shnaras Ye.S., Andryushenkova L.L. Puti sovershenstvovaniya metodov kontrolya znaniy uchashchikhsya po nachertatel'noy geometrii [Ways to improve methods for controlling students' knowledge of descriptive geometry]. *Vestnik Uchebno-metodicheskogo ob'yedineniya po obrazovaniyu v oblasti prirodoobustroystva i vodopol'zovaniya* [Bulletin of the Educational and Methodological Association for Education in the Field of Environmental Management and Water Use]. 2011, I. 3, pp. 141–144. (in Russian)
 28. Ivanov G.S. *Nachertatel'naya geometriya* [Descriptive geometry]. Moscow, FGBOU VPO MGUL Publ., 2012. 340 p. (in Russian)
 29. Ivanova M.A., Klimenkova S.B., Voronina Ye.YU. Razvitiye konstruktivno-geometricheskogo myshleniya pri tvorcheskoy rabote uchashchikhsya v protsesse izucheniya inzhenernoy grafika [The development of constructive-geometric thinking in the creative work of students in the process of studying engineering graphics]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. 2015, I. 5. (in Russian)
 30. Ignat'ev S.A., Tret'yakova Z.O., Voronina M.V. Dopolnennaya real'nost' v nachertatel'noy geometrii [Augmented reality in descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 2, pp. 41–50. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-41-50. (in Russian)
 31. Ignat'ev S.A., Tret'yakova Z.O., Folomkin A.I., Moroz O.N. Opyt razrabotki elektronnykh sredstv obucheniya dlya prepodavaniya geometro-graficheskikh disciplin [Experience of development of electronic learning tools for teaching metro-graphic disciplines]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2017, V. 5, I. 2, pp. 84–92. DOI:10.12737/article_5953f362d92c46.58282826. (in Russian)
 32. Kaplunovich I.YA., Verzilova N.I. Uchet individual'nykh osobennostey myshleniya pri obuchenii uchashchikhsya resheniyu matematicheskikh zadach [Taking into account individual characteristics of thinking when teaching students to solve mathematical problems]. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovaniye* [Psychological Science and Education]. 2003, I. 4, pp. 74–80. (in Russian)
 33. Konogorskaya S.A. Osobennosti prostranstvennogo myshleniya i ikh vzaimosvyaz' s uchebnoy uspezhnost'yu obuchayushchikhsya [Features of spatial thinking and their relationship with the educational success of students]. *Nauchno-pedagogicheskoye obozreniye* [Scientific and pedagogical review]. 2017, I. 1, pp. 142–152. (in Russian)
 34. Konogorskaya S.A. Osobennosti razvitiya komponentov prostranstvennogo myshleniya shkol'nikov na raznykh stupenyakh obshchego obrazovaniya [Features of the development of the components of spatial thinking of schoolchildren at different levels of general education]. *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo sotsial'nogo universiteta* [Scientific Notes of the Russian State Social University]. 2019, V. 18, I. 4, pp. 91–99. (in Russian)
 35. Korolevich A.I. Elementy teorii informatsii v geometrii graficheskogo otobrazheniya [Elements of information theory in the geometry of graphic display]. *Sbornik nauch.-metod. statey po NG i IG* [Collection of scientific methods. articles on NG and IG]. V. 3. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1976, pp. 66–69. (in Russian)
 36. Kotic D.A., Bashkatov A.M., Jurochkina T.M. Problemy i resheniya komp'yuterizatsii graficheskikh disciplin v universitete [Problems and solutions of graphic disciplines computerization at the University]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2014, V. 2, I. 4, pp. 22–27. DOI: 10.12737/6528. (in Russian)
 37. Kotov I.I., Amiyants Ye.V., Osipov V.A. *Sbornik zadach po nachertatel'noy geometrii. (Na printsipakh programmirovannogo obucheniya)* [Collection of tasks on descriptive geometry. (Based on the principles of programmed learning)]. Moscow, Higher school Publ., 1970. 192 p. (in Russian)
 38. Krajnova M.N., Aleksandrova E.P., Stolbova I.D., Kochurova L.V. O sozdaniy uchebno-metodicheskogo kompleksa dlya soprovozhdeniya graficheskoy podgotovki studentov [On the creation of educational package to support graphic training of students]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2015, V. 3, I. 2, pp. 29–37. DOI: 10.12737/1216. (in Russian)
 39. Kuldybayev A.K. Sovremennyy praktiko-orientirovanny podkhod k osushchestvleniyu prepodavaniya inzhenernoy grafika [Modern practice-oriented approach to the implementation of teaching engineering graphics]. *Pedagogika i psikhologiya* [Pedagogy and psychology]. 2021, I. 4, pp. 148–159. (in Russian)
 40. Chetveruhin N.F. *Kurs nachertatel'noy geometrii (s uchetom principov programmirovannogo obucheniya)* [Course of Descriptive Geometry (Taking into account the Principles of programmed Learning)]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1968. 266 p. (in Russian)
 41. Loginovskiy A.N., Xmarova L.I., Usmanova E.A. Formirovaniye i razvitiye professional'nykh navykov studentov v kurse nachertatel'noy geometrii [Formation and development of professional skills of students in the course of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2013, V. 3, I. 2, pp. 46–51. DOI: 10.12737/12168. (in Russian)
 42. Nefedovskiy V.A., Savitskiy YU.A., Terekhov V.V. Issledovaniye v oblasti razvitiya prostranstvennogo myshleniya budushchego voyennogo letchika [Research in the field of development of spatial thinking of the future military pilot].

- Gumanitarnyye i sotsial'nyye nauki* [Humanities and social sciences]. 2021, I. 2, pp. 226–237. (in Russian)
43. Paklina A.V. Kontrol' v sisteme professional'nogo obrazovaniya: sushchnost', zadachi, trebovaniya [Control in the system of vocational education: essence, tasks, requirements]. *Vestnik Shadrinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta* [Bulletin of the Shadrinsk State Pedagogical Institute]. 2013, I. 3, pp. 25–30. (in Russian)
 44. Petuhova A.V. Inzhenerno-graficheskaya podgotovka studentov stroitel'nykh spetsialnostey s ispol'zovaniem sovremennykh programmnykh kompleksov [Engineering and graphic preparation of students of building specialties using modern software systems]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2015, V. 3, I. 1, pp. 47–58. DOI: 10.12737/10458. (in Russian)
 45. Sal'kov N.A. Kachestvo geometricheskogo obrazovaniya pri razlichnykh podkhodakh k metodike obucheniya [Quality of geometric education in various approaches to teaching methods]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 4, pp. 47–60. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-47-60. (in Russian)
 46. Sarbalina B.Dzh., Taskairova A.A., Dzhakupova A.G. Metodika razvitiya prostranstvennogo myshleniya studentov po inzhenernoy grafike [Methodology for the development of spatial thinking of students in engineering graphic]. *Vestnik pedagogicheskikh nauk* [Bulletin of Pedagogical Sciences]. 2021, I. 7, pp. 153–158. (in Russian)
 47. Semagina YU.V., Pavlov S.I., Kostyukov A.V. Ob effektivnosti geometro-graficheskoy podgotovki studentov [On the effectiveness of geometric and graphic training of students]. *Kontsept* [Concept]. 2016, V. 16, pp. 1921–1925. (in Russian)
 48. Serga G.V., Kuznetsova N.N. Ispol'zovaniye mul'timediynykh tekhnologiy dlya provedeniya zanyatiy po distsipline «Nachertatel'naya geometriya i inzhenernaya grafika» dlya studentov inzhenerno-stroitel'nogo fakul'teta KGAU [The use of multimedia technologies for conducting classes in the discipline «Descriptive geometry and engineering graphics» for students of the Civil Engineering Faculty of KSAU]. *Polytematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU)* [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubSAU)]. 2015, I. 107, pp. 1780–1793. (in Russian)
 49. Skorjukova Ja.G., Buda A.G., Mel'nik O. P. Nulevoj kontrol' kak neot'emlemaya chast' metodiki obucheniya geometricheskimi i graficheskimi disciplinami [Zero Control as Integral Part of Geometrical and Graphic Disciplines' Instruction Technique]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics], 2014, V. 2, pp. 32–36. DOI: 10.12737/5589. (in Russian)
 50. Spasskaya N.A., Il'ina G.I. Kontrol' znaniy kursantov na zanyatiyakh po nachertatel'noy geometrii i inzhenernoy grafike [Control of knowledge of cadets in the classroom in descriptive geometry and engineering graphics]. *Aktual'nyye problemy gumanitarnykh i sotsial'no-ekonomicheskikh nauk* [Actual problems of the humanities and socio-economic sciences]. 2017, V. 11, I. 1, pp. 114–116. (in Russian)
 51. Stolbova I.D. Aktual'nye problemy graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskikh vuzakh [Actual problems of graphic training of students in technical universities]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2014, V. 2, I. 1, pp. 30–41. DOI: 10.12737/386. (in Russian)
 52. Stolbova I.D. Ob obespechenii kachestva predmetnogo obucheniya studentov tekhnicheskogo universiteta [On ensuring the quality of subject education for students of a technical university]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2015, V. 3, I. 4, pp. 27–37. DOI: 10.12737/17348. (in Russian)
 53. Sufijaeva N.E. Sovremennyye aspekty prepodavaniya graficheskikh disciplin v tekhnicheskikh vuzakh [Modern aspects of teaching of graphic disciplines in technical universities]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2014, V. 2, I. 4, pp. 28–33. DOI: 10.12737/8294. (in Russian)
 54. Ten M.G. Formirovaniye professional'nykh kompetency studentov tekhnicheskikh special'nostey v processe graficheskoy podgotovki [Formation of professional competencies of students of technical specialties in the process of graphic training]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2015, V. 3, I. 1, pp. 59–63. DOI: 10.12737/10459. (in Russian)
 55. Tomilin S.A., Ol'khovskaya R.A., Fedotov A.G. Obespecheniye proizvodstvennoy napravlenosti protsessa obucheniya inzhenernoy grafike praktiko-orientirovannykh bakalavrov [Ensuring the production orientation of the process of teaching engineering graphics for practice-oriented bachelors]. *Kontsept* [Concept]. 2016, V. 1, pp. 376–389. (in Russian)
 56. Tomilova O.V. Opyt primeneniya kontseptsii geymifikatsii dlya povysheniya effektivnosti uchebnykh zanyatiy [Experience in applying the concept of gamification to improve the effectiveness of training sessions]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuz: traditsii i innovatsii* [Problems of quality of graphic training of students at a technical university: traditions and innovations]. Perm', PNIU 2015, V. 1, pp. 376–389. (in Russian)
 57. Turutina T.F. Primeneniye informatsionnykh tekhnologiy v metodike proverki graficheskoy gramotnosti budushchikh specialistov [The use of information technology in the methodology of checking graphic literacy of future specialists]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 1, pp. 45–56. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-45-56. (in Russian)
 58. Usanova E.V. Psihologo-pedagogicheskie aspekty geometricheskogo i graficheskogo obucheniya v tekhnicheskoy vuz s ispol'zovaniem mediatekhnologiy i SAPR [Psychological and pedagogical aspects of geometrical and graphic training in technical higher education institution with use of media technologies and CAD systems]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics], 2013, V. 1, I. 1, pp. 59–62. DOI: 10.12737/2093. (in Russian)
 59. Khusainov R.N., Vasil'yeva L.M., Sagadeyev V.V., Grudiniy I.V., Mikhaylova S.N. Puti povysheniya effektivnosti zanyatiy po distsipline «Nachertatel'naya geometriya. In-

- zhenernaya grafika» [Ways to improve the effectiveness of classes in the discipline «Descriptive geometry. Engineering graphics». *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2011, V. 23, pp. 330–334. (in Russian)
60. Chekmarev A.A. *Inzhenernaya grafika: ucheb. dlya nemash. spets. vuzov* [Engineering graphics: textbook. for non-mash. specialist. universities]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1988. 335 p. (in Russian)
61. Chepurnykh N.K. Povysheniye effektivnosti prepodavaniya inzhenernoy grafiki [Improving the efficiency of teaching engineering graphics]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii* [Bulletin of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. 2009, I. 3, pp. 109–114. (in Russian)
62. Yakimanskaya I.S. *Razvitiye prostranstvennogo myshleniya shkol'nikov* [Development of spatial thinking of schoolchildren]. Moscow, Pedagogics Publ., 2005. 240 p. (in Russian)
63. Yaroshevich O.V. Rezervy sovershenstvovaniya geometro-graficheskoy podgotovki sovremennogo inzhenera [Reserves for improving the geometric-graphic preparation of a modern engineer]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2014, V. 2, I. 2, pp. 37–42. DOI: 10.12737/5590. (in Russian)