

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ГЕОМЕТРИИ И ЕЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ

Волошинов Денис Вячеславович

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Рассмотрены вопросы разработки новых инструментальных средств, реализующих методы конструктивного геометрического моделирования. Предложены методы разработки таких инструментов на основе использования дискретных электронных программируемых устройств. Показано, что такие инструменты могут служить основой расширенного применения геометрических методов в практические приложения.

Ключевые слова: конструктивная геометрия, геометрическое моделирование, встраиваемые системы, программируемая логическая матрица.

SOME ASPECTS OF GEOMETRY AND ITS TOOLS DEVELOPMENT

Voloshinov Denis Vyacheslavovich

St. Petersburg State Polytechnic University

The article is devoted to the development of new tools that implement methods of constructive geometric modeling. The proposed methods for the development of such instruments based on the use of discrete electronic programmable devices. It is shown that such tools can serve as a basis for an enhanced application of geometric methods in practical application.

Keywords: constructive geometry, geometry modeling, embedded systems, Field-Programmable Gate Array.

Интернет-конференция «Проблемы качества графической подготовки» открывает свою виртуальную дискуссионную площадку в четвертый раз. Нет сомнения в том, что к информационным ресурсам конференции в течение нескольких недель будет приковано пристальное внимание как ее непосредственных участников, так и тех наших коллег, кто будет знакомиться с публикуемыми материалами, но сам с докладом выступать не будет. Но, какую бы форму участия каждый из нас ни выбрал – активную или пассивную, всех нас будет объединять одно: назревшие проблемы преподавания геометро-графических дисциплин в высшей школе не могут оставить нас безразличными. Нас волнует судьба того дела, которому мы отдаем время и силы, в которое вкладываем частицу души, в котором реализуем творческий потенциал и видим насущный, прагматический смысл.

В стране проводится реформа высшей школы. Проистекая из реальных современной мировой и отечественной экономики, она стала причиной радикальных изменений в системе высшего образования страны. Реформа, безусловно, затрагивает все стороны учебной деятельности. Ее основные положения хорошо известны, они горячо обсуждаются в среде педагогических работников. Это, прежде всего, переход на двухуровневую систему подготовки, реализация компетентного подхода в образовании, увеличение доли самостоятельной работы студентов, нормативные показатели количества обучающихся на одного преподавателя, внедрение IT- и дистанционных технологий в образовательный процесс. Так, например, одной из актуальных задач становится в настоящее время проблема обеспечения свободы самостоятельного формирования индивидуальных учебных планов студентами.

Конечно, этот список можно продолжать. Многие его пункты спорны, неоднозначны и поэтому порождают жаркие дискуссии о том, кого учить, чему учить, как учить и кто будет учить. От ответов на эти вопросы напрямую зависит то, каким будет высшее образование, с применением каких учебных технологий и методик и насколько успешно будут достигаться поставленные цели, каково будущее отечественной науки.

Дисциплины геометро-графического цикла не являются исключением. Несмотря на то, что геометрические и графические методы находят широкое применение в различных областях человеческой деятельности, временные ресурсы, отводимые на изучение курсов соответствующих дисциплин, в настоящее время ограничены. Это обстоятельство, безусловно, является отправным моментом для пересмотра содержания дисциплин с целью поиска наиболее значимых как в теоретическом, так и в практическом плане учебных материалов, которые в наибольшей степени отвечали бы духу времени и соответствовали потребностям современного производства. Такая тенденция, зачастую основанная на соображениях прагматической целесообразности, с одной стороны, несет в себе черты прогрессивного начала, рассматривается как этап эволюционного развития системы знаний. С другой стороны, не следует забывать обращаться к мысленной ассоциации хода развития любого феномена со спиралью и понимать, что на очередном ее витке новым становится хорошо забытое старое, но уже наполненное качественно иным смысловым содержанием. Не принимая это соображение во внимание, легко оказаться в ситуации проигравшего: когда некогда богатый, но ныне растерянный опыт неожиданно оказывается

крайне востребованным и дивиденд от этой востребованности получает кто-то другой. Тот, кто подобным опытом владеет.

На конференции уже неоднократно высказывались диаметрально противоположные мнения о целесообразности преподавания тех или иных разделов дисциплины «Начертательная геометрия» и даже ставился вопрос о полном ее исключении из образовательных программ. Действительно, современные информационные технологии проектирования, системы автоматизации конструкторского труда позволяют легко решать те задачи, для которых в еще относительно недалеком прошлом применялись методы начертательной геометрии, требовавшие скрупулезного ручного исполнения. Возникает естественный вопрос: зачем изучать дисциплину и тратить на это дело и без того дефицитное время, если методы этой науки более не применяются на практике? Не стоит ли лучше уделить внимание изучению геометрических операций, посредством которых осуществляется проектирование в среде современных информационных систем? Будет ли чертеж по-прежнему играть роль основного проектного документа или же его функции с успехом заменит виртуальная 3D-модель, способная исключить стадию бумажного проектирования из жизненного цикла изделия? Какова роль геометрии, будут ли востребованы ее методы в будущем, и если да, то каковы ее перспективы и возможные сферы приложения?

Обратившись к современному, хотя и не вполне достоверному, несмотря на доступность и популярность, источнику информации – к «Википедии», о начертательной геометрии прочитаем следующее: «Начертательная геометрия – инженерная дисциплина, представляющая двумерный геометрический аппарат и набор алгоритмов для исследования свойств геометрических объектов. Практически начертательная геометрия ограничивается исследованием объектов трехмерного евклидова пространства. Исходные данные должны быть представлены в виде двух независимых проекций. В большинстве задач и алгоритмов используются две ортогональные проекции на взаимно перпендикулярные плоскости. В настоящее время дисциплина не имеет практической ценности в силу развития вычислительной техники и аппарата линейной алгебры, но незаменима как составляющая общего инженерного образования на машиностроительных и строительных специальностях» [1].

Трудно удержаться от соблазна критически прокомментировать почти каждое предложение, ибо многие из них содержат принципиально неверные утверждения. Чего стоит, например, высказывание о неза-

висимости проекций в методе двух изображений! Но воздержимся от комментариев.

Тем не менее нельзя не обратить внимания на мысль о том, что незаменимая составляющая образования не имеет практической ценности. В чем же тогда ее незаменимость, если практической пользы никакой нет? Неужели лишь в том, что с ее помощью можно хорошо тренировать пространственное воображение? Но, быть может, будущее сулит нам несколько иную ситуацию? Не стоит ли эту ценность постараться поискать и, в конце концов, обрести?

Ситуация, которую мы здесь наблюдаем, – это ошибочное причисление науки, системы моделирования к конкретному прикладному делу, что в корне неверно. Автор данной статьи уже неоднократно излагал свое мнение по перечисленным выше вопросам [2, 3]. Не вдаваясь в подробный пересказ того, что уже было однажды высказано, хотелось бы воспроизвести здесь лишь некоторые соображения, которые могли бы послужить фундаментом последующих рассуждений.

Начертательная геометрия, как, собственно, и любая другая геометрия, – наука, если так можно выразиться, с инженерным оттенком. Оттенок этот формируется как результат ассоциации науки с одноименной дисциплиной, которая традиционно изучается студентами в высших учебных заведениях. Безусловно, наука и дисциплина – не одно и то же. В основе геометрии лежит конструктивный метод, используемый как инструмент моделирования. Моделирование – информационный процесс, заключающийся в рациональной и адекватной (в той или иной степени и по ряду причин) замене одной сущности другой сущностью [4]. Универсальный характер моделирования обеспечивает геометрической науке возможность приложения ее методов к произвольным объектам и процессам окружающей действительности, как физическим, так и абстрактным. И ограничивать сферу ее применения лишь инженерным делом неправомерно в принципе.

В современную эпоху информационных технологий очень часто озвучивается мысль о том, что геометрические методы неточны. Это незамысловатое утверждение на самом деле имеет под собой весьма глубокие философские основания. Не принимая их во внимание, можно прийти к совершенно неправильным выводам, которые способны послужить причиной краха идей, что, видимо, и наблюдается, если вновь обратиться к цитате, позаимствованной из «Википедии».

Процесс моделирования невозможно осуществить без того, чтобы не понести определенные информационные потери. Трудно упрекнуть

геометрию как стройную систему знаний, основанную на аксиоматическом принципе и правилах логического вывода, в неточности. Как любая абстрактная система, она абсолютно точна, и с этим утверждением вряд ли кто-то станет спорить. Совершенно другая ситуация складывается, если абстрактная система подвергается моделированию средствами физическими, когда создается модель иной природы – предметная [4]. Происходят два явления, сопровождающие процесс моделирования: переход от бесконечных множеств к конечным и появление шума. Ограниченность ресурсов и шум являются причиной неизбежного несовершенства физического инструментария, которое по недоразумению предписывают геометрии как неустранимый изъян ее метода вообще. Именно отсюда проистекает мнение о неточности геометрических построений и, как следствие, ограниченности сфер ее применения, проигрыша методам аналитического свойства.

Однако если непредвзято рассмотреть процессы аналитического моделирования, то и здесь мы обнаружим те же самые явления. Не придется говорить об особенной точности, если выполнять математические операции на счетах или арифмометре. Разрядная сетка регистров в процессорах вычислительных машин может быть сделана очень большой, но все же не бесконечной. А следовательно, по аналогичным причинам абсолютной точности добиться невозможно и в этом случае.

Существует исключительно распространенная точка зрения, суть которой заключается в том, что вычислительная техника, основанная на дискретном принципе действия, ассоциируется с понятием цифры. Иными словами, вычислительная техника предназначается для обработки информации, представленной в числовой форме. Однако в силу принципа обратимости феномена моделирования [4] правомерно и обратное утверждение: числовой способ представления информации может быть использован для представления физических состояний электронных компонентов. Цифра или иной символьный знак – это удобный в силу ряда причин элемент кода, сопоставляемого с физическими состояниями сигналов, распространяющихся в электрических цепях. И именно это обстоятельство следует считать первичным фактором, определяющим разработку архитектуры электронных вычислительных устройств, а не наоборот!

Не существует никаких ограничивающих оснований для выбора иных, нежели символьных, знаковых систем. Равно как и аналитика, геометрия обладает присущей ей знаковой системой. Достоинства этой системы хорошо известны, это визуальность, образность, интеграль-

ность. Все эти качества способствуют компактному выразительному представлению информации, ассоциируемой с категорией формы. Конструктивный геометрический метод служит основой алгоритмического подхода к решению задач посредством организованного исполнения операций со знаками этой системы.

Выполнение операции подобного рода можно реализовать схематически. Тогда единицы информации (байты и их совокупности) могут рассматриваться не как числа, а как элементы геометрического кода, пригодного для выражения формы. Выходя на новый уровень абстракции, следует заключить, что специализированные электронные устройства с дискретным принципом действия могут быть использованы как предметные модели, пригодные для решения геометрически обусловленных задач. Следовательно, устройства такого вида можно рассматривать как геометрические, поскольку принцип их действия может быть выражен посредством геометрических понятий. Тогда их совершенно правомерно можно считать инструментальными средствами реализации геометрических алгоритмов в разнообразных практических приложениях, а все претензии к несостоятельности геометрических методов ввиду неустранимо высокой погрешности инструментов снимаются с повестки дня.

Высказанные соображения уместно подкрепить аналогиями. Так, например, до разработки графических интерфейсов общеизвестных операционных систем работа с вычислительной техникой для рядовых пользователей представляла известные трудности. И лишь тогда, когда парадигма взаимодействия человека с машиной приобрела ныне известные очертания, использование вычислительной техники стало доступным широкому кругу потребителей. Графические интерфейсы позволили обеспечить такие способы интерпретации информации, при которых работа пользователя осуществляется с использованием понятий, применяемых в предметной области решаемых им задач. Так, например, обработка фотографических изображений в среде соответственных редакторов осуществляется с применением терминологии прикладной фотографии, а не нулей и единиц. Трассировка печатных плат в системах подготовки производства электронных изделий мыслится как проведение дорожек между выводами микросхем. Подобных примеров можно привести достаточно много, намного сложнее найти образцы обратного свойства.

Резонно предположить, что для решения геометрических задач следует использовать геометрические методы и что информационные

средства должны обеспечивать необходимый для этого стиль работы. Однако именно практика решения геометрических задач изобилует примерами преобразования геометрических алгоритмов в аналитическую форму. Причины этого, заключающиеся в моральном несоответствии традиционных геометрических инструментов современным реалиям, уже обсуждались на конференции [2].

Будущее геометрической науки в высокой степени зависит от того, насколько развитыми станут инструменты, предназначенные для реализации ее методов. Они же будут определять и область приложения геометрии к практике. Собственно, от этого обстоятельства будет зависеть и уровень развития науки как таковой.

Один из возможных путей решения проблемы – создание программных инструментов, которые эмулируют конструктивный геометрический метод. В частности, исходя из рассмотрения геометрических алгоритмов в качестве абстрактных вычислительных устройств – геометрических машин [4] – в определенной степени удастся достичь поставленной цели: реализовать алгоритм в виде действующей программы [5]. Такая программа, формирование которой возможно осуществить без необходимости перевода этапов решения прикладной задачи в аналитическую форму, позволяет повысить эффективность выполнения проектных работ, в особенности при решении тех задач, условия которых изначально сформулированы в геометрической постановке.

Второе многообещающее, но практически не исследованное к настоящему времени направление, в котором геометрические алгоритмы могут найти широчайшее применение, – разработка новых аппаратных средств вычислительной техники. Архитектура большинства современных процессоров и микроконтроллеров, применяемых в вычислительных системах общего назначения, строится на основе принципов последовательного выполнения операций с данными. Это означает, что вне зависимости от особенностей структуры алгоритма окончательное решение задачи может быть получено только в результате реализации последовательной линейной схемы производства вычислений. Однако анализ структуры алгоритмов, возникающих при решении геометрических задач с использованием конструктивного метода, демонстрирует высокую предрасположенность этих алгоритмов к одновременному выполнению операций в различных его ветвях. Следует отметить также, что синтетический характер геометрических алгоритмов проявляется в особенности как раз тем своим качеством, что в них над множествами

независимых данных многократно совершаются однотипные операции, и потому такие операции также можно исполнять одновременно.

Действие геометрических машин можно рассматривать не только с алгоритмической точки зрения, но и как работу устройств, в которых развиваются вычислительные процессы. Следование такому подходу сулит значительное увеличение вычислительной производительности устройств, действующих в соответствии с предложенным принципом, не только за счет распараллеливания вычислений, но и за счет возможности реализации конвейерной и распределенной обработки данных.

Хотелось бы еще раз обратить внимание на то, что перечисленные особенности геометрических алгоритмов невозможно обратить в преимущества на основе применения микропроцессоров и микроконтроллеров, построенных на принципах последовательной обработки данных. Проводя аналогии, можно заметить, что по тем же причинам в схемотехнический состав процессоров входят блоки акселераторов, выполняющие арифметические действия на аппаратном уровне и позволяющие за счет распараллеливания вычислительных процессов на порядки улучшить временные показатели вычислений. Подобные по принципам организации акселераторы выполняют вычислительную работу в видеокартах графических систем, обеспечивая получение высококачественного изображения в реальном времени. Высокой производительности невозможно было бы достичь, если бы функции графических ускорителей исполнялись обычным центральным процессором вычислительной системы.

Конечно, рассчитывать на скорое появление в процессорах специализированных модулей, обеспечивающих ускоренное выполнение геометрических операций, не приходится. Это объясняется и высокой стоимостью проектирования устройств подобного рода, и отсутствием в настоящее время убедительных мотивов в необходимости таких разработок. В связи с этим одной из наиболее важных задач, стоящих перед исследователями в геометрической науке, является переосмысление ее предмета и метода с точки зрения теории информации. Следует осознать, что геометрия ценна не рецептами по проведению линий при помощи циркуля и линейки, она представляет собой стройную систему знаний, наполненную информационным содержанием. Эта система может быть успешно применена как средство моделирования к решению разнообразных прикладных задач, отвечая всем требованиям современных информационных технологий. Безусловно, для этого геометрия

должна перейти на новый уровень абстрактных обобщений, на основании чего предъявить миру свои обновленные информационные инструменты, показать их эффективность в различных сферах практического применения. Конечно, очень многое на этом пути еще предстоит исследовать и разработать.

Ранее уже говорилось о том, что конструктивный геометрический метод можно эмулировать программно, и в этом направлении уже существуют определенные достижения. Тематика же обсуждаемых в докладе проблем, связанных с аппаратной реализацией геометрических методов, пока имеет прогностический характер. Тем не менее хотелось бы высказать некоторые соображения, которые могли бы послужить основой перспективного плана практической реализации высказываемых идей.

Концепция создания специализированных электронных управляющих устройств для наделения материальных предметов сложной функциональностью отнюдь не нова. Перечень публикаций, посвященных данному вопросу, поистине огромен, поэтому хотелось бы обратить внимание лишь на некоторые научные направления и технические разработки, имеющие, по мнению автора, самое непосредственное отношение к содержанию обсуждаемых в докладе проблем.

Большой интерес в настоящее время представляют исследования, связанные с разработкой так называемых встраиваемых систем (embedded systems) [6], которые, будучи непосредственно встроены в конструкции различного потребительского назначения, выполняют необходимые функции управления этими конструкциями. Основой таких систем могут служить различные электронные устройства: от одноплатных ЭВМ до отдельных микропроцессоров, контроллеров и иных микросхем с высокой степенью интеграции логических элементов. Но, пожалуй, особенно-го внимания в контексте обсуждаемых вопросов заслуживают разработки по использованию ПЛИС (FPGA) [7, 8] – программируемых логических интегральных схем. Внутренняя логическая структура таких микросхем может быть настроена пользователем программно. За счет такого программирования электронное устройство становится способным выполнять определенные программой функции, по сути дела, превращаясь в специализированный процессор – заказной преобразователь информации. Относительно недавнее появление на рынке репрограммируемых во время работы ПЛИС открывает еще более широкие возможности, связанные с динамическим формированием программ, управляемых данными, позволяет решать на аппаратном уровне задачи методами логическо-

го программирования. Таким образом, устройства на базе ПЛИС могут послужить той материальной средой, с помощью которой можно проводить исследования по практическому воплощению концепции геометрических машин, геометрического моделирования вообще и, в конечном счете, непосредственно создавать встраиваемые системы, функциональность которых предопределяется алгоритмами геометрической природы во всем их разнообразии.

Убежденность в реальности осуществления предложенного подхода вселяют многочисленные разработки, имеющиеся в смежных областях знаний. Так, например, в работе [9] подробно излагаются принципы программирования ПЛИС, обеспечивающие реализацию арифметических функций. Не вызывает сомнения то, что конструкции геометрических машин также могут быть воплощены в архитектурах программируемых логических интегральных схем, а их работа может быть представлена не как линейная последовательность действий, а как процесс со всеми проистекающими из этого возможностями.

Возникает естественный вопрос: на какой аппаратной платформе и посредством каких программных средств возможно было бы проводить исследования и разработки в обозначенном направлении?

Проектирование сложных интегральных электронных устройств осуществляется посредством применения языков описания аппаратуры. Такое представление, учитывающее структуру и физические характеристики электрических цепей, позволяет выполнить формальный перевод их языкового описания в образ аппаратных коммуникаций логических элементов внутри микросхем конкретного типа. К настоящему времени разработано множество различных языков подобного назначения. Наиболее употребительными являются два из них: VHDL и Verilog [7]. Оба языка, синтаксис которых в некоторой степени напоминает традиционные языки программирования Pascal и C, позволяют выполнить описание электрических схем в текстовом виде. Графические интерфейсы интегрированных систем разработки электронной аппаратуры, в состав которых входят трансляторы с языков VHDL и Verilog, предоставляют определенные возможности графического описания схемных соединений с последующим автоматическим переводом в одну из текстовых форм таких языков, однако эти средства – всего лишь схемные редакторы. Любая прикладная задача, которую требуется перевести в логическое представление, с неизбежностью проходит через этап аналитического выражения на языках описания аппаратуры. Примечательно, что

в литературе, посвященной вопросам проектирования встраиваемых систем, ПЛИС и вообще электронных систем, не удается обнаружить каких-либо тенденций, направленных на то, чтобы сделать процесс их проектирования проблемно-ориентированным, доступным специалистам, не обладающим системотехническими знаниями [10–12].

Возможно, однако, представить, с какими трудностями должен столкнуться программист ПЛИС, перед которым была бы поставлена задача, сформулированная в терминах конструктивной геометрии. Разработка корректного геометрического представления сама по себе является нетривиальной задачей, не говоря уже об аналитической интерпретации алгоритма, побуждающей обращаться к понятиям бесконечности, проективности, вырожденности, комплекснозначности, многомерности; отсылающей к аксиоматическим базисам различных геометрий. Однако все препоны, возникающие на втором этапе этого пути, можно было бы обойти, если формирование описания на языках VHDL или Verilog для решения прикладной задачи получать посредством автоматической трансляции фактологического описания конструктивных моделей, предоставляемой разработанной для этой цели средой проектирования геометрических машин [5], т.е. сделать этот процесс хотя и междисциплинарным, но проблемно-ориентированным. В этом случае внимание разработчика может быть сосредоточено в основном на геометрической сущности решаемой задачи, а не на технических аспектах формального перевода ее графического представления на символичный язык описания аппаратуры. Предлагаемый подход мог бы стать отправным моментом для создания новых электронных инструментов геометрии, позволяющих использовать ее методы в качестве средств обработки, интерпретации и обобщения данных, визуального управления, обеспечить более активное проникновение геометрической теории в теории прикладных экспериментальных наук.

Конечно, для реализации этого необходимо решение множества проблем. Требуется проведение междисциплинарных исследований, связанных с анализом и оптимизацией структур алгоритмов, сопоставлением абстрактных геометрических понятий с электрическими сигналами, распространяющимися в естественной физической среде. Необходимо развитие самой геометрической теории, поиск выхода ее методов на конкретные приложения.

Современная электронная промышленность серийно выпускает как дискретные элементы высокой степени интеграции, так и отладочные

комплексы, выполненные на их основе. Относительно невысокая стоимость такого оборудования позволяет в перспективе оснастить им лаборатории геометрического моделирования для проведения экспериментальных исследований, учебных занятий, выполнения практических разработок. Одним из ведущих производителей ПЛИС является компания Xilinx (<http://www.xilinx.com/>). Компания Digilent (<http://www.digilentinc.com/>) специализируется на производстве отладочных плат различного назначения, в частности в перечне ее продукции представлен широкий ассортимент устройств, построенных на основе линейки ПЛИС компании Xilinx. Наличие на этих платах разнообразных интерфейсов, ЦАП и АЦП позволяет использовать такие устройства в качестве полноценных информационно-управляющих систем.

Хотелось бы заметить, что аналогичные принципы можно распространить не только на ПЛИС, но и на другие системы. Так, например, заслуживает внимания продукция фирмы MikroElektronika (<http://www.mikroe.com>), которая предлагает богатый ассортимент вычислительных и периферийных устройств, предназначенных для проведения экспериментов с микроконтроллерными комплексами.

Исследования, проводимые автором в русле обозначенной тематики, осуществляются с применением оборудования этих фирм, но не исключается, конечно, возможность использования аппаратуры других производителей. В качестве системы проблемно-ориентированного проектирования и отладки функциональной структуры электронных устройств используется система геометрического моделирования «Симплекс», разработанная автором, направление дальнейшего развития и совершенствования которой также определяется этой тематикой.

Подводя итоги, хочется обратить внимание читателей и на некоторые другие аспекты перспективного применения методов конструктивной геометрии, подробное изложение сути которых в рамках одного доклада невозможно. Предложенный подход может найти применение в таких бурно развивающихся современных областях, как быстрое прототипирование, робототехника, управление системами с числовым программным управлением, функциональное формообразование, нанотехнологии. И это далеко не полный перечень.

Заинтересованный читатель может обратиться к некоторым литературным источникам [13–19] и убедиться даже на весьма ограниченном материале, что в современном мире есть очень много того, к чему геометрия имеет самое непосредственное отношение; геометрическая

информация важна для решения многих практических задач. Тогда становится понятной мысль о том, что чертеж (или в общем значении – графический способ представления информации) является важнейшим посредником между вычислительной системой и человеком и что этому изображению присуща не только пассивная, но и активная роль в окружающих нас информационных процессах. При этих условиях геометрические алгоритмы приобретают особую значимость, поскольку они обладают наивысшей вычислительной эффективностью в силу своего конструктивного минимализма, а дисциплины, изучающие такие алгоритмы, получают достойное подтверждение своей роли и значения в современном мире.

Содержание геометро-графических дисциплин, которое предписывается образовательными стандартами обучения студентов в высших учебных заведениях, охватывает лишь очень узкий пласт реально имеющихся у геометрии возможностей. Нельзя сказать, что тематика обсуждавшихся в докладе вопросов крайне футуристична и нереальна, но она, конечно, далеко выходит за рамки современного образовательного процесса. Тем не менее автор считает долгом изложить свой взгляд на перспективы развития и применения геометрической науки, дать повод для размышлений и, возможно, переосмысления ее места и роли в современном информационном обществе, вселить уверенность ее приверженцев в то, что знание геометрии, в каком бы виде она ни была представлена, важно и необходимо и ее никогда не придется списывать на свалку истории.

Список литературы

1. Начертательная геометрия // Википедия. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Начертательная_геометрия (дата обращения: 10.02.2014).
2. Волошинов Д.В. Начертательная геометрия. Есть ли у нее будущее в вузе? // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: материалы II Международ. науч.-практ. интернет-конф. (г. Пермь, февраль – март 2011 г.). – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 103.
3. Волошинов Д.В., Соломонов К.Н. Конструктивное геометрическое моделирование как перспектива преподавания графических дисциплин // Геометрия и графика. – 2013. – Т. 1, вып. 2. – С. 182–185.
4. Вальков К.И. Введение в теорию моделирования. – Л.: ЛИСИ, 1974. – 152 с.

5. Волошинов Д.В. Конструктивное геометрическое моделирование. Теория, практика, автоматизация. – Saarbruecken: Lambert Academic Publishing, 2010. – 364 с.
6. Васильев А. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 304 с.
7. Грушвицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
8. Sass R., Schmidt A.G. Embedded Systems Design with Platform FPGAs. Principles and Practices. – Burlington: Elsevier, 2010. – 389 p.
9. Deschamps J-P, Sutter G.D., Cantó E. Guide to FPGA Implementation of Arithmetic Functions. – Dordrecht: Springer, 2012. – 469 p.
10. Mermet J., Electronic Chips & Systems Design Languages. – New York: Springer, 2001. – 306 p.
11. Embedded Software Design and Programming of Multiprocessor System-on-Chip. Simulink and SystemC Case Studies / K. Popovici, F. Rousseau, A.A. Jerraya, M. Wolf. – New York: Springer, 2010. – 231 p.
12. Ramachandran S. Digital VLSI Systems Design. A Design Manual for Implementation of Projects on FPGAs and ASICs Using Verilog. – Dordrecht, Springer, 2007. – 709 p.
13. Sarfraz M. Geometric Modeling: Techniques, Applications, Systems and Tools. – Dordrecht: Springer, 2004. – 454 p.
14. Lenarčič J., Husty M. Latest Advances in Robot Kinematics. – Dordrecht: Springer, 2012. – 457 p.
15. Hahn A.J. Mathematical Excursions to the World's Great Buildings. – Princeton, Oxford: Princeton University Press, 2012. – 318 p.
16. Шевелев И.Ш. Принцип пропорции: о формообразовании в природе, мерной трости древнего зодчего, архитектурном образе, двойном квадрате и взаимопроникающих подобиях. – М.: Стройиздат, 1986. – 200 с.
17. Radzevich S.P. Theory of Gearing. Kinematics, Geometry and Synthesis. – London: CRC Press, 2013. – 648 p.
18. Apostol T.M., Mnatsakanian M.A. New Horizons in Geometry. – Pasadena: Mathematical Association of America, 2012. – 513 p.
19. Pearce J.M. Open-Source Lab. How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs. – Amsterdam: Elsevier, 2014. – 271 p.