

**Комкова Василиса Сергеевна,**  
студентка ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана», г. Москва  
[asyakomkova@mail.ru](mailto:asyakomkova@mail.ru)



**Ушков Иван Валерьевич,**  
студент ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана», г. Москва  
[ushkvano97@rambler.ru](mailto:ushkvano97@rambler.ru)

### **Винтовые линии и винтовые поверхности как составляющая политехнического образования учащихся старших классов в процессе обучения математике**

**Аннотация.** Перспективы развития современного школьного образования связаны с возрастанием роли его политехнических компонентов. Особое значение математики в осуществлении научно-технического прогресса, математизация многих современных областей знания служат основой мотивации при выборе школьниками инженерных и технических специальностей. В данной статье авторы рассматривают свойства винтовых линий и поверхностей, которые обуславливают широкий спектр их применения в инженерии, технике и других отраслях науки. На примере темы «Винтовые линии и винтовые поверхности в теории и на практике» старшеклассники могут познакомиться на уроках математики, физики или на внеклассных занятиях с математическими свойствами винтовых линий и поверхностей. Учащимся старших классов будет интересно узнать, где винтовые поверхности и линии встречаются в природе, изучить историю технических устройств, которые человек применяет с древних времен и без которых невозможно обойтись в современном мире. Содержание статьи представляет интерес для учителей, старшеклассников, готовящихся к поступлению в вузы на специальности технического или математического направления.

**Ключевые слова:** политехническое образование, свойства винтовых линий и поверхностей, применение винтов в инженерии, технике.

**Раздел:** (01) педагогика; история педагогики и образования; теория и методика обучения и воспитания (по предметным областям).

Перспективы развития современного школьного образования связаны с возрастанием роли его политехнической составляющей. Главная задача политехнического образования (от греч. *πολυ* – много, многое – и *τεχνεῖο* – искусство, мастерство) направлена на приобретение учащимися знаний о главных отраслях и научных принципах производства, а также общетехнических умений, необходимых для участия в производительном труде. Наиболее полно и органично политехническое образование можно получать в процессе преподавания математики, физики, информатики, химии, биологии, географии. Изучение естественнонаучных основ производства, истории науки и техники, знакомство с достижениями технического прогресса, приобретение политехнических умений измерительного, вычислительного, экспериментального характера направлены на решение главных задач политехнического образования – формирование и развитие интереса к производственной деятельности, развитие техниче-

ских способностей, изобретательности, трудолюбия, дисциплинированности и ответственности, подготовка к осознанному выбору профессии. При этом политехническое образование не отождествляется с профессиональным. Давая широкую общетехническую подготовку к производительному труду, политехническое образование создает условия для свободного выбора профессий и вместе с общим образованием служит основой для профессионального образования.

Особая роль математики в осуществлении научно-технического прогресса, математизация многих современных областей знания всегда являлись одной из главных причин выбора школьниками инженерных и технических специальностей. Изучение основных математических свойств винтовых линий и винтовых поверхностей, знакомство с историей их применения в технике способствуют решению основных задач политехнического образования старшеклассников в процессе обучения математике.

В евклидовой геометрии особое положение занимают винтовые линии и поверхности, с помощью которых можно создать наглядные модели многих изделий, широко применяемых в жизни, сконструировать поверхности различных технических форм, установить и исследовать функциональную зависимость между различными величинами. С помощью *гелисы*, или *цилиндрической винтовой линии* (от лат. Helice – спираль), также удаётся успешно решать многие научные и инженерные задачи, решение которых аналитическим путём часто приводит к использованию чрезвычайно громоздкого математического аппарата.

С математической точки зрения винтовую линию описывает точка, совершающая равномерное движение вдоль образующей прямого кругового цилиндра, а образующая при этом вращается с постоянной угловой скоростью вокруг оси данного цилиндра. Проекциями на фронтальную и горизонтальную плоскости будут являться синусоида и окружность соответственно. Участок винтовой линии, пройденный точкой за один её оборот вокруг оси, называют *витком гелисы* (участок ABC на рис. 1), а расстояние между начальной и конечной точками витка (точки A и C), измеренное по линии, параллельной оси резьбы, – *ходом винтовой линии*.

Различают левую и правую винтовые линии. Если фронтальная проекция винтовой линии при вертикальном расположении оси цилиндра имеет на видимой стороне цилиндра подъём вправо, то это правая винтовая линия, или винтовая линия с правым ходом. На рис. 1 показано построение правой цилиндрической винтовой линии. Ход и окружность основания цилиндра делят на одинаковое число равных частей, например на 12, горизонтали и точки нумеруют в направлениях, указанных стрелками. Затем из точки 1 проводят линию связи до пересечения с горизонталью 1, из точки 2 – до пересечения с горизонталью 2 и т. д. Через полученные точки проводят плавную кривую. Из построения видно, что фронтальная проекция гелисы является синусоидой.

Если принять цилиндрическую поверхность непрозрачной, то видимая часть АВ половины витка будет иметь подъём вправо. На развертке цилиндра винтовая линия преобразуется в прямую – гипотенузу AC. Таким образом, цилиндрическая гелиса – геодезическая линия, кратчайшим образом соединяющая в общем случае на поверхности цилиндра вращения две ее любые точки. Угол  $\alpha$  – угол подъема винтовой линии (рис. 1). Касательная, проведенная к гелисе в любой ее точке, образует с осью постоянный угол  $\alpha$ .

Очевидно, что  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{AC}{\pi d}$ , где  $d$  – диаметр основания цилиндра.

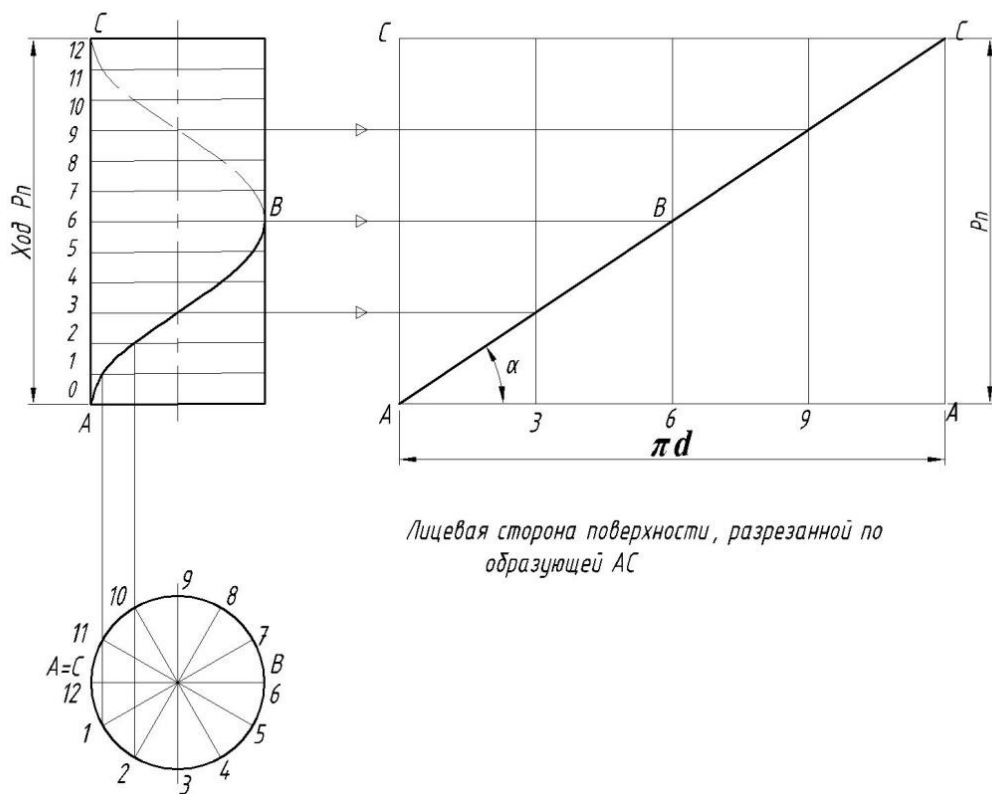


Рис. 1

При своем скольжении вдоль гелисы касательная прочертит на плоскости  $P_n$  эвольвенту окружности (рис. 1). Аналогично строят проекции левой цилиндрической винтовой линии и ее развертку. На рис. 2 показано построение двух ее витков. Видимые части витков здесь имеют подъем влево. Коническая винтовая линия получается при равномерном перемещении точки по образующей прямого кругового конуса. Фронтальная представляет синусоиду с изменяющейся амплитудой, а нормальное сечение А-А – спираль Архимеда (см. рис. 2) [1–6].

Винтовая линия обладает зеркальной асимметрией, или винтовой симметрией. Винтовой симметрией называется симметрия относительно двух преобразований – поворота и переноса вдоль оси поворота. Левый и правый винты представляют собой пару энантиоморфов, то есть зеркально асимметричных фигур, являющихся зеркальным отражением друг друга (правая и левая рука). Винтовая линия с переменным шагом будет наблюдаться в том случае, когда перемещение точки по образующей цилиндра будет неравномерным. Тогда фронтальная проекция будет иметь вид синусоиды с изменяющимся периодом [7].

Винтовая линия может быть построена и на других поверхностях второго порядка, что широко применяется на практике. Например, с помощью винтовой линии на поверхности тора изготавливают глобоидальные червяки. Наибольшее применение в технике имеют линейчатые винтовые поверхности (геликоиды), образованные движением отрезка прямой. На рис. 3 изображен архимедов геликоид (нормальное сечение – спираль Архимеда).

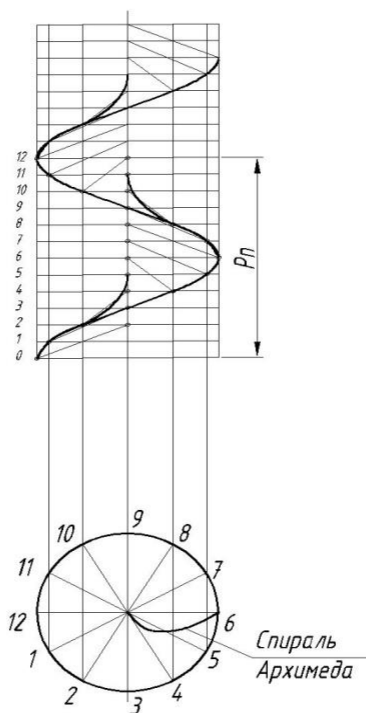


Рис. 2

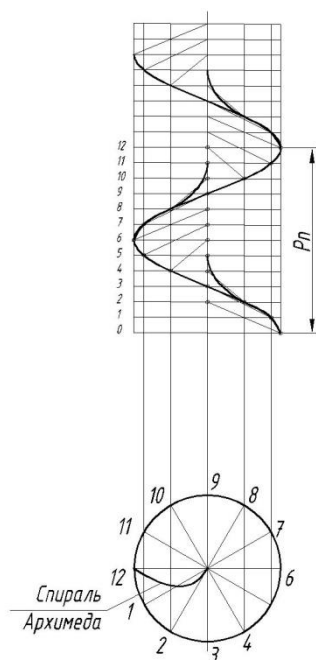


Рис. 3

Цилиндрическая винтовая линия имеет одно удивительное геометрическое свойство – она может скользить вдоль самой себя. Этим свойством воспользовался Архимед при конструировании своеобразного конвейера. Именно это изобретение впоследствии было названо его именем – винтом Архимеда. Это устройство люди в прошлом

использовали для передачи воды на расстояния. Винтовая ось вращалась в желобе, и вода постепенно поступала в нужном направлении. По одной из версий, Архимед придумал это устройство еще во времена своего обучения в Александрии, где на практике смог применить свои знания для осушения залитых Нилом земель. Архимедов винт представляет собой приспособление для подъема воды снизу вверх. Нижняя часть установленного под наклоном цилиндра располагается в воде, как правило, под углом 45 градусов. Внутри него помещается спираль в форме самозавинчивающегося винта. При её вращении, например, с помощью рукояти, вода, набранная в нижней части насоса, поднимается к верхней части цилиндра на высоту до 4 м (рис. 4).

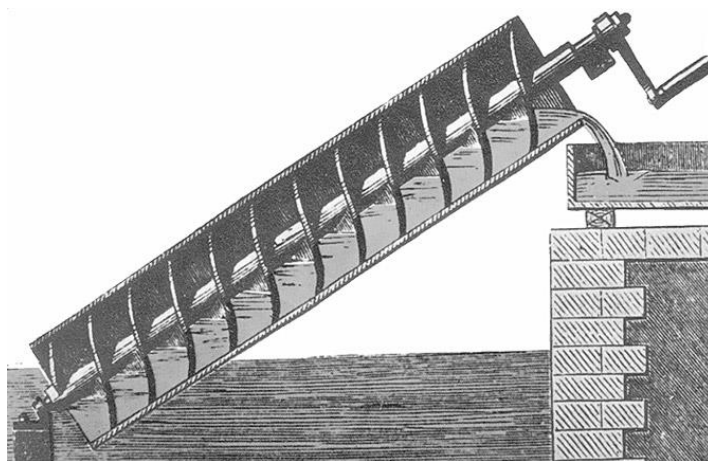


Рис. 4

Помимо использования в технике винтовая поверхность уже несколько столетий используется в архитектуре. Это всем известные винтовые лестницы. Одним из первых, кто применил винтовые лестницы в эскизах зданий, стал Леонардо да Винчи. По своей сути винтовая лестница – это тот же Архимедов винт, только без ступенек. Но это еще не всё: на самом деле лестница двойная: по одной её части можно подниматься на башню, а по другой – спускаться. У каждой лестницы имеются свой вход и выход, и их траектории не пересекаются. Это помогало при обороне башен, когда люди, оборонявшие крепость, могли незаметно спуститься вниз и взять нападающих в ловушку. Такая винтовая лестница украшает французский замок Шамбор. Хотя Леонардо да Винчи уже не было в живых на момент постройки замка (1519 г.), многие исследователи считают, что архитекторы и инженеры использовали ранние рисунки итальянского учёного.

Отметим, что да Винчи также пытался применить винт Архимеда как элемент вечного двигателя в виде конструкции из двух винтов разного диаметра: по одному вода поднималась, а по-другому опускалась на исходный уровень. Но потом Леонардо да Винчи отказался от этой бесплодной затеи и нашел для винта Архимеда более интересное и полезное применение – в конструкции воздушного винта. Воздушный винт – главная деталь, при помощи которой летательная машина могла бы подниматься вертикально в воздух, если бы удалось как следует раскрутить винт, а заодно справиться с его неустойчивостью при подъёме (рис. 5). Речь идёт о сложном винтовом движении (поворот вокруг фиксированной оси и параллельный перенос вдоль неё, выполненные одновременно), но уже применительно к механике полёта. Воздушный винт Леонардо да Винчи считают прототипом современного несущего винта, а его самого – изобретателем вертолёта, или, как его называют в России, вертолёт.



Кстати, слово «геликоптер» родственно слову «геликоид» и происходит от слов греческого языка «спираль» и «крыло». Появилось оно только в 1860-е гг., почти через четыре столетия после того, как Леонардо выполнил этот рисунок (рис. 6) [8, 9].

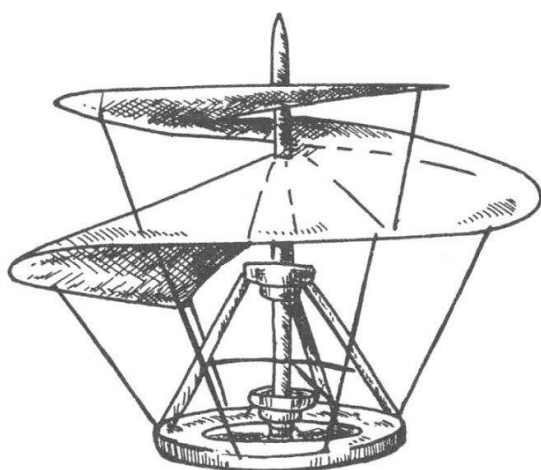


Рис. 5

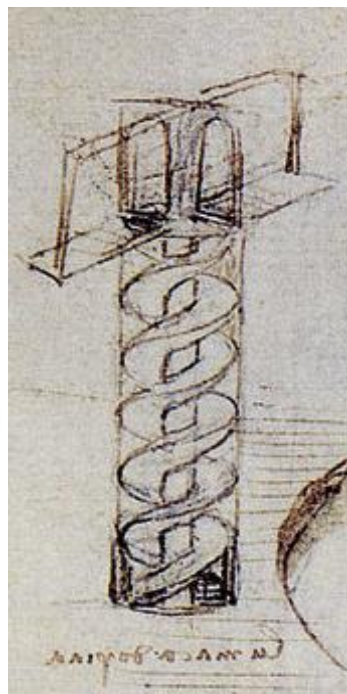


Рис. 6

По мере развития техники, идеи, связанные с винтом Архимеда, находили новые способы применения. В современной промышленности нет ни одной области, которая могла бы обойтись без винтов-саморезов. Винтовой механизм тоже можно считать развитием идеи греческого учёного. Видоизменённым винтом Архимеда является шнек. Применяют его в самых разных областях – от обычной мясорубки до двигателей транспорта, также шнек используется в машинах по уборке снега. Для преодоления болотистых мест, где невозможно использование колеса или гусеницы, используют вездеходы со шнековыми двигателями. Шнековый бур применяют для создания колодцев на приусадебных участках и скважин в промышленности.

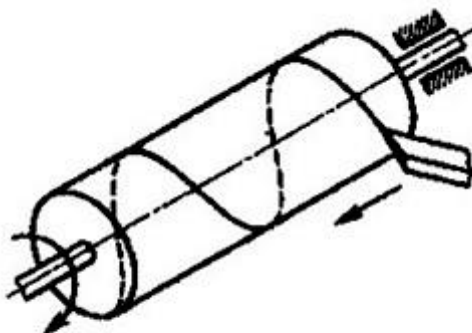


Рис. 7

Также винтовая поверхность широко используется в резьбах. Резьба образуется при винтовом движении некоторой плоской фигуры, задающей профиль резьбы, расположенной в одной плоскости с осью поверхности вращения (осью резьбы). Форма профиля резьбы определяет название: треугольная, квадратная, трапециевидная, круглая резьба. Часть резьбы, полученной при одном повороте профиля вокруг оси, называется витком. При этом все точки производящего профиля перемещаются параллельно оси на одну и ту же величину, которая называется ходом резьбы. В зависимости от того, правая или левая винтовые линии лежат в основе резьбы, различают правую и левую резьбу. Если расположить ось наружной резьбы вертикально перед наблюдателем, то у правой резьбы видимая часть витков поднимается слева направо, у левой резьбы – справа налево. Если профиль перемещается по поверхности цилиндра вращения, резьбу называют цилиндрической, по поверхности конуса вращения – конической, по поверхности гиперболоида вращения – глобоидной. Резьба может быть выполнена на стержне (так называемая наружная резьба), а также в отверстии (внутренняя резьба). Резьба, образованная движением одного профиля, называется однозаходной, образованная движением двух, трех и более одинаковых профилей, – многозаходной (двух-, трехзаходной и т. д.) (см. рис. 8 – упорная резьба).

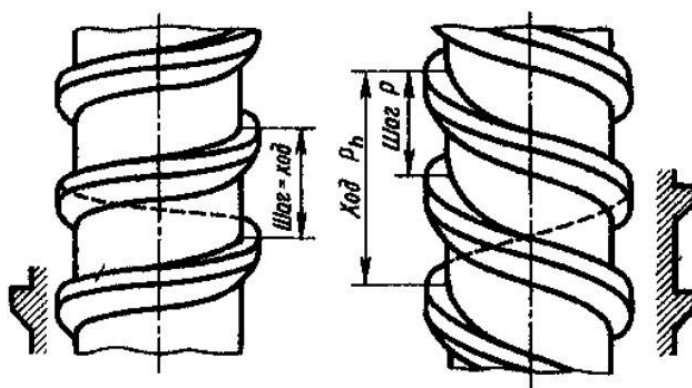


Рис. 8

Винтовые линии нередки в живой и неживой природе. Первое, что приходит на ум, – это такие растения, как вьюнок и жимолость. Вьюнок – растение с вьющимся стеблем, описывающим винтовую линию. Также винтовую линию можно наблюдать у стеблей бамбука.

Встречается винтовая линия и у животных: раковины моллюска имеют форму конической винтовой линии, рог нарвала – двойной правый винт. По двойному винту закручивается и молекула ДНК. Многие копытные, в частности африканский большой куду, имеют рога, закрученные по левому и правому винту, – пара энантиоморфов.

Винтовая симметрия проявляется в расположении листьев на стебле, веток на дереве, в строении шишек. Располагаясь винтом по стеблю, листья как бы раскидываются в разные стороны и не заслоняют друг друга от света. Помимо этого зеркальной асимметрией обладают кристаллы кварца или метасиликата натрия (внешне форма кристалла такова, что поворотом на  $120^\circ$  вокруг оси он может быть совмещён сам с собой) и вирус табачной мозаики. Следует заметить, что винтовое движение присутствует и в воздушных потоках торнадо и смерчей.

Изучение винтовых линий и поверхностей и их свойств не потеряло своей актуальности и в наши дни: человек наблюдает их в природе, анализирует свойства линий и поверхностей, а затем воплощает в жизнь в виде изобретений, конструкций или механизмов для решения практических задач или упрощения их решения. С помощью винтовых линий можно установить и исследовать функциональную зависимость между различными величинами, успешно решать многие научные и инженерные задачи.

### Ссылки на источники

1. Гервер В. А., Рывлина А. А., Тенякшев А. М. Основы инженерной графики. – М.: КноРус, 2007.
2. Чекмарёв А. А. Инженерная графика. – М.: Изд-во Юрайт, 2015.
3. Энциклопедия по машиностроению (XXL). – URL: <http://mash-xxl.info.html>.
4. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. – 9-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2016.
5. Гордон В. О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. – М.: Наука, 1964.
6. Жирных Б. Г. Начертательная геометрия. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.
7. Гильберт Д., Кон-Фоссен С. Наглядная геометрия. – М.: УРСС, 2004.
8. Реньи А. Диалоги о математике. – М.: УРСС, 2004.
9. Карпушина Н. Проекты будущего в рисунках Леонардо да Винчи // Наука и жизнь. – 2014. – № 9. – С. 33–36.

**Vasilisa Komkova,**

Student, Moscow Bauman State Technical University, Moscow  
[asyakomkova@mail.ru](mailto:asyakomkova@mail.ru)

**Ivan Ushkov,**

Student, Moscow Bauman State Technical University, Moscow  
[ushkvano97@rambler.ru](mailto:ushkvano97@rambler.ru)

### Helical curves and helicoids as a component of senior pupils' polytechnic education in the process of learning mathematics

**Abstract.** Prospects of modern school education development are associated with the growing role of its polytechnic components. Special significance of mathematics in technical and scientific progress, the mathematization of many modern fields of knowledge are the basis for the students to choose engineering and technical specialties. In this article the authors examine the properties of helical curves and helicoids which cause wide range of their application in engineering, technology and other fields of science. Using the examples of the topic "Helical curves and helicoids in theory and in practice," high school students can learn about mathematical properties of helical curves and helicoids at their lessons of Mathematics and Physics. Students will be interested where we can find helical curves and helicoids in nature, to learn the history of technological devices which a man uses from ancient times and which are indispensable in the modern world. The article will be interesting for teachers and senior-grade pupils preparing to enter Universities to study technical or mathematical areas.

**Key words:** polytechnic education, the properties of helical curves and helicoids, the use of helix in engineering and technology.

### References

1. Gerver, V. A., Ryvlin, A. A. & Tenjakshev, A. M. (2007). *Osnovy inzhenernoj grafiki*, KnoRus, Moscow (in Russian).
2. Chekmarjov, A. A. (2015). *Inzhenernaja grafika*, Izd-vo Jurajt, Moscow (in Russian).
3. Jenciklopedija po mashinostroeniju (XXL). Available at: <http://mash-xxl.info.html> (in Russian).
4. Levickij, V. S. (2016). *Mashinostroitel'noe cherchenie i avtomatizacija vypolnenija chertezhej*, 9-e izd., ispr. i dop., Izd-vo Jurajt, Moscow (in Russian).
5. Gordon, V. O. & Semencov-Ogievskij, M. A. (1964). *Kurs nachertatel'noj geometrii*, Nauka, Moscow (in Russian).
6. Zhirnyh, B. G. (2017). *Nachertatel'naja geometrija*, Izd. MG TU im. N. Je. Bauman, Moscow (in Russian).
7. Gil'bert, D. & Kon-Fossen, S. (2004). *Nagljadnaja geometrija*, URSS, Moscow (in Russian).
8. Ren'I, A. (2004). *Dialogi o matematike*, URSS, Moscow (in Russian).
9. Karpushina, N. (2014). "Proekty budushhego v risunkah Leonardo da Vinchi", *Nauka i zhizn'*, № 9, pp. 33–36 (in Russian).



**Рекомендовано к публикации:**

Утёмовым В. В., кандидатом педагогических наук;

Горевым П. М., кандидатом педагогических наук,

главным редактором журнала «Концепт»



[www.e-koncept.ru](http://www.e-koncept.ru)

Поступила в редакцию <i>Received</i>	03.05.17	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	05.05.17
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	05.05.17	Опубликована <i>Published</i>	30.05.17

© Концепт, научно-методический электронный журнал, 2017

© Комкова В. С., Ушков И. В., 2017