УДК 72.03(460) doi: 10.31650/2519-4208-2020-20-312-321

# ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ В ТВОРЧЕСТВЕ АРХИТЕКТОРА АНТОНИО ГАУДИ

**Перпери А. А.,** канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой начертательной геометрии и инженерной графики
*ORCID: 0000-0001-7112-6864*
**Яворская Н. М.,** старший преподаватель кафедры начертательной геометрии и инженерной графики
*ORCID: 0000-0002-2790-2691*
**Яворский П. В.,** ассистент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики
*ORCID: 0000-0003-4075-2058*
*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

***Аннотация:*** Исследуя творчество Антонио Гауди и его знание начертательной геометрии, которое развивает пространственное воображение, замечаем применение линий, фигур, объёмных геометрических образов в архитектурном творчестве. В раннем творчестве Антонио Гауди проектирует здания в мавританском стиле, используя геометрические формы и линии, подчеркивающие арабские мотивы в узорах. Так в доме Виссенти, выполненном в стиле модернизма, применил идею самоповторяющегося элемента простой формы в более сложную. Во фрагменте галереи городского парка Гуэль, являющего собой пример урбанистического стиля, Гауди использовал трансформацию одной поверхности в другую, при этом показывая плавность линий и точность построения поверхностей и не нарушая их закономерность. Антонио Гауди в практическом творчестве брал самоповторяющейся алгоритм, который складывался в пространстве в необходимую для его замысла форму. Гауди в совершенстве владел навыками и знаниями дисциплины, которая называется «начертательная геометрия». Развивая пространственное воображение, эта дисциплина предлагает нам всевозможные виды линий, геометрических фигур и объемных тел для воплощения идей мастеров архитектуры, одним из которых является Антонио Гауди.

***Ключевые слова:*** геометрический образ, начертательная геометрия, образующая, кривые линии второго и третьего порядка, формообразование, пространственное воображение.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИИ В АРХІТЕКТУРИ АНТОНІО ГАУДІ

**Перпері А. О.,** канд. техн. наук, доцент, завідувачка кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки
*ORCID: 0000-0001-7112-6864*
**Яворська Н. М.,** старший викладач кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки
*ORCID: 0000-0002-2790-2691*
**Яворський П. В.,** асистент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки
*ORCID: 0000-0003-4075-2058*
*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

***Анатація:*** Досліджуючи роботу Антоніо Гауді і його знання з нарисної геометрії, яка розвиває просторову уяву, помічаємо застосування ліній, фігур, об'ємних геометричних образів в архітектурній творчості. У ранній творчості Антоніо Гауді проектував будівлі під впливом мавританського стилю, використовуючи геометричні форми і лінії, що підкреслюють арабські мотиви візерунків. Так в будинку Віссенті, виконаному в стилі модернізму, застосовує ідею самоповторюющегося елемента простої форми в більш складну. У фрагменті галереї міського парку Гуель, який є прикладом урбаністичного стилю, Гауді використовує трансформацію однієї поверхні в іншу, при цьому показуючи плавність ліній і точність побудови поверхонь, не порушуючи їх закономірність. Антоніо Гауді в практичній творчості брав алгоритм, який складався в просторі в необхідну для його задуму форму. Гауді досконало володів навичками і знаннями дисципліни, яка називається «нарисна геометрія». Розвиваючи просторову уяву, ця дисципліна пропонує нам різні види ліній, геометричних фігур і об'ємних тіл, для втілення ідей майстрів архітектури, одним з яких є Антоніо Гауді.
***Ключові слова:*** геометричний образ, нарисна геометрія, твірна, криві лінії другого і третього порядку, формоутворення, просторова уява.

# RESEARCH OF GEOMETRY IN THE ARCHITECTURE OF ANTONIO GAUDI

**Perperi A. A.,** cand. tech. sciences, associate professor Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics
*ORCID: 0000-0001-7112-6864*
**Yavorskaya N. M.,** senior Lecturer, Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics
*ORCID: 0000-0002-2790-2691*
**Yavorskyy P. V.,** assistant of the Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics
*ORCID: 0000-0003-4075-2058*
*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

***Abstract:*** Exploring the work of Antonio Gaudi and his knowledge in descriptive geometry, which develops a spatial imagination, we notice the use of lines, shapes, volumetric geometric images in architectural creativity. In his early work, Antonio Gaudi designs buildings under the influence of the Moorish style, using geometric shapes and lines that emphasize Arabic motifs in the patterns. So in the house of Vissenty, made in the style of modernism, he applied the idea of a self-repeating element of a simple form to a more complex one. In a fragment of the gallery of the city park Guell, which is an example of the urban style, Gaudi used the transformation of one surface to another, while showing the smoothness of lines and the accuracy of surface construction and without violating their regularity. Combining various forms in one building or

structure, Gaudi perfectly mastered the geometry of the curved lines of the second and third order in space. To achieve a similar effect of shaping, scientists tried in the 60s of the XX century by constructing curved lines and Bezier surfaces. Gaudi achieved a similar effect of shaping in a practical way. n his work, he used cylindrical, conical and spherical surfaces that smoothly passed one into another, as well as the surfaces of Catalan: a hyperbolic paraboloid, conoid, cylindroid. In creating volumetric interior plastic, the curved lines with a kinematic movement created bizarre shapes of the ceiling, smoothly turning into other geometric shapes of the walls. The staircase in one of the towers of the Sagrada Familia is a geometric image of a helicoid, where a complex geometric shape is taken as the generatrix, and the guides are two helises - cylindrical helical lines of different radii. In the geometric construction of a direct or inclined helicoid, it is necessary to have two guides and a movement step, which can be set mathematically. In any case, such a surface remains one of the most unique in nature because the helicoid is a minimal surface. Park Guell is located in Barcelona on the Carmel hill, an area of 17.2 hectares. It was built in the first half of the last century. The customer, who was Eusebi Güell. He huge park complex includes a territory with residential buildings and comfortable relaxation areas, amazing picturesque gardens, quaint shady alleys, multi-tiered terraces, colorful flower arrangements, winding grottoes and gazebos. Working on a park project, Gaudi was inspired by the beauties of the surrounding nature of the Carmel Upland and its picturesque landscapes. In the project, walking paths stretched across the entire park, the mountains were not specially cut from the terrain to emphasize the natural landscape of nature. Necessary for the construction of the elements of the park: poles and beams, were decorated under palm trees. Despite the fact that the height difference was 60 meters, the master skillfully beat the landscape with bizarre forms, emphasizing the desire of a person from simple to sublime. If you delve into history, you can see that the construction work is divided into three stages: the strengthening of hills and slopes with the arrangement of terraces for curved paths and the erection of walls; the construction of a colonnade, a market and mansions; building a bench in the shape of a snake. To date, all the facilities of the complex have been preserved in their original form. At the entrance to the park there are two houses resembling fabulous gingerbread houses, the walls of which are lined with ceramic fragments. The facade of each house is decorated with a medallion with the inscription “Park Guell”. In Gaudi’s work, the “hundred columns” hall, which is inscribed in the landscape of the hill, is a terrace with 86 columns of 6 meters each. These columns support a ceiling with a bizarre shape of complex geometric surfaces of revolution. The plastic of the ceiling vault is made of modern concrete of the time, the decoration of which is made of ceramic in the form of a mosaic. In practical work, Antonio Gaudi took a self-repeating algorithm that developed in space in the form necessary for his design. Gaudi perfectly mastered the skills and knowledge of the discipline called Descriptive Geometry. Developing the spatial imagination, this discipline offers us all kinds of lines, geometric shapes and three-dimensional bodies, for the embodiment of the ideas of masters of architecture, one of which is Antonio Gaudi.

***Key words:*** geometric image, descriptive geometry, generatrix, curved lines of the second and third order, shaping, spatial imagination.

***Постановка проблеми***. В современном строительстве геометрической форме зданий и сооружений не уделяется достойного внимания. Как правило, если это не объект особенного государственного значения, его архитектура не привлекает внимание. Хотелось бы по-иному взглянуть на огромное многообразие геометрических форм и образов, а также на их геометрический симбиоз.

***Анализ последних исследований***. Исследователи сводят творчество Антонио Гауди к описанию его творческой жизнедеятельности и построенных им архитектурных шедевров. Особое внимание уделяется оформлению им экстерьера и интерьера зданий,

декору и дизайну. Многие исследователи изучают его уникальные строительные конструкции, которые Гауди умело задекорировал в различных архитектурных произведениях. В поисках рациональных конструкторских решений последователи Антонио Гауди, такие как Вальтер Гропиус, Фрэнк Ллойд Райт, Ле Корбюзье и другие изучали его стиль и способы строительства [10].

***Цель статьи.*** Исследование геометрии в творчестве архитектора Антонио Гауди.

***Задачи статьи***.

1. Проанализировать примеры архитектурного решения зданий и сооружений Антонио Гауди.
2. Определить особенности геометрических форм и их сочетание в пластике фасадов и интерьеров зодчего.

Первый проект Антонио Гауди – это дом Висенти в Барселоне. Этот дом был построен под вдохновением мавританского стиля и является ярким образцом применения геометрических форм и линий [4]. Как известно из истории, в конце второй половины первого тысячелетия нашей эры значительная часть Каталонии (родина Гауди) находилась под властью мусульман. Практически до XII века нашей эры велось освобождение от захватчиков. Эта борьба в Испании называлась реконкиста (освобождение Пиренеев от мусульман). Арабо-мавританские народы внесли огромный вклад в развитие испанской культуры, в результате чего возник неповторимый стиль в архитектуре и изобразительном искусстве. Этот стиль впитал в себя достижения культур стран, примыкающих к Средиземноморью Ирана, Византии, Сирии. В дальнейшем он значительно повлиял на романский стиль, а затем на готическую архитектуру [6]. Влияние особых черт арабской архитектуры можно проследить на фрагменте интерьера Дома Висенти, представленного на рис. 1, где показаны стены и фрамуги окон и входная дверь, выполненые прямыми элементами разной конфигурации, которые очень ярко подчеркивают выбранный архитектором стиль, в котором прослеживаются арабские мотивы геометрического узора. А потолок выполнен из кривых линий, что составляет объемно-пространственную композицию и плавно завершает оформление интерьера. Хочется отметить маленькую деталь, в которой небольшой самоповторяющийся элемент складывается и формирует изумительную геометрическую форму.

Рис.1. Фрагменты интерьера дома Висенти арх. Гауди. (Барселона).

Здание Дома Висенти было выполнено в стиле модернизма, и содержит в себе все соответствующие характеристики.

Рис. 2. Фасад и интерьер дома Висенти арх. Гауди (Барселона)

Как фасад здания, так и интерьер выполнены из различных простейших геометрических элементов, представленных на рис. 2, как прямолинейных, так и криволинейных, которые складываются в великолепные, где-то даже причудливые композиции. Мы видим здесь гармонию ритма, которая навеяна арабикой, в сочетании с асимметрией. И еще раз убеждаемся, что во всей архитектуре здания просматривается одна тема – с помощью деталей мелкого членения, как простых геометрических форм, так и фрагментов поверхностей второго порядка создается шедевр архитектуры.

Рассмотрим фрагмент городского park Guell – архитектуры великого мастера [8; 9]. На наш взгляд, у архитектора Антонио Гауди как ни у кого другого прослеживаются ритм и гармония, которая как музыка перетекает из одной композиции в другую. Фрагмент городского сада в Барселоне, представленній на рис. 3, колоннада, у которой цилиндрическая поверхность плавно перетекает в ряд колонн, при этом прослеживается как пересечение поверхностей, так и удивительная точность линий построения. Перспектива колоннады потрясает абсолютной точностью своих линий, тем самым показывая грядущему поколению, до какой степени великий Гауди владел геометрией форм.

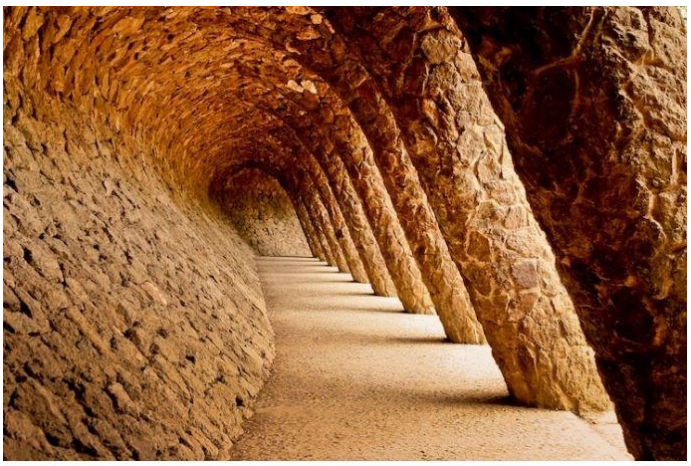

Рис. 3. Городской сад Барселоны арх. Гауди

В статье мы делаем акцент на одной удивительной стороне творчества Антония Гауди [5; 7]. Это его возможность сочетать различные пространственные формы в одном здании, или в каком-либо сооружении. Он мастер владеть в совершенстве геометрией кривых линий в пространстве. Например, его знаменитый дом Бальо, представленный на рис. 4, где можем наблюдать, насколько точно выполнены все элементы оконных проемов, порталов, балконов. Если присмотреться, каждая линия – это математически выверенная кривая, выполненная с большой точностью ее геометрии, из которой образуется поверхность.

Рис. 4. Дом Бальо, Барселона, Испания арх. Гауди

В основе построения криволинейных поверхностей лежит построение кривых Безье. Кривые Безье могут быть линейными и задаются уравнением -B(t)=(1-t)Po+tP$_1$ t⊂0,1, при $n$=1 – опорной точки, у которых Po и P$_1$ – определяют их начало и конец. Кривые могут быть квадратичными при $n$=2 и задаваться тремя опорными точками: Po, P$_1$и P$_2$. Уравнение квадратичных кривых B(t)=(1-t)$^2$P$_o$+2t(1-t)P$_1$+t$^2$P$_2$. А также могут быть кубическими кривыми в параметрической формуле при $n$=3, B(t)=(1-t)$^3$P$_o$+3t(1-t)$^2$+3t$^2$(1-t)P$_2$+t$^3$P$_3$t⊂(0.1). Четыре опорные точки P$_o$, P$_1$, P$_2$ и P$_3$, заданные в двух- или в трехмерных пространствах, определяют формулу кубических кривых, представленных на рис. 5. Сделаем вывод, что в основе построения любой кривой линии лежит набор точек, последовательное соединение которых дает ломаную линию, максимально приближенную к кривой. При увеличении количества точек несоответствие кривой и ломаной уменьшается до нормативного допуска строительного материала. Построение этих прямых было придумано независимо двумя авторами в 60-е годы XX века. Кроме кривых Безье существуют и поверхности Безье. Принцип построения аналогичен. Судя по макетам Антонио Гауди, построение таких кривых у него получалось практическим путем, при использовании прямых, каркасов, канатов и противовесов. Но, тем не менее, результат был ошеломляющим. Используя кривые второго и третьего порядка, Гауди добивался нужной геометрической формы. Цилиндрические поверхности плавно переходили в конические, а конические в свою очередь во всевозможные вариации поверхностей Каталана. Наблюдая фрагменты гармонии в сочетании всех элементов здания, видим, что такая пластика в объеме невозможна без абсолютного знания образования поверхностей, изучаемых в начертательной геометрии [3].

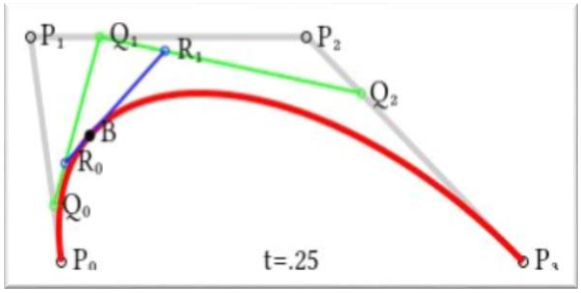


Рис. 5. Кривая Безье

Рис. 6. Фрагмент дома Бальe арх. Гауди

Рассматривая фрагмент интерьера дома Бальe на рис. 6, мы наблюдаем поверхность потолка, построенную при помощи эвольвенты окружности, которую можно получить, вычерчивая траекторию любой точки прямой линии, при помощи сматывания натянутой нити с цилиндрической поверхности. Если в параметрическом уравнении эвольвенты окружности:

$x = r\cos\alpha + r\sin\alpha,$

$y = r\sin\alpha - r\cos\alpha,$

- где r – радиус окружности, $\alpha$ – угол поворота радиуса окружности, вставлять различные значения, то получаются эвольвенты различной формы и радиуса. В данном фрагменте используют математическую кривую в чистом виде, если ее вычертить на горизонтальной плоскости проекций, то во фронтальной проекции мы видим, что это пространственная кривая. Великий мастер легко пользовался плоской формой, которая плавно перетекает в объемную композицию, причем каждая пространственная кривая потолка повторяется с шагом, равным n, напоминая зрителю легкий водоворот, представленній на рис. 7. Поверхности потолка плавно перетекают в поверхности стен, создавая замкнутый цикл пространственной завершенной композиции.

На фрагментах интерьера, представленніх на рис. 8 видим ряд арок, по форме напоминающих гиперболы и параболы. А поверхность потолка, которая является касательной к ним, – гиперболический параболоид [1; 2]. Остается загадкой, каким

образом Антонио Гауди достиг такой точности выполнения математических кривых. На рисунке 8 видна лестница, как наглядный пример прямого геликоида.

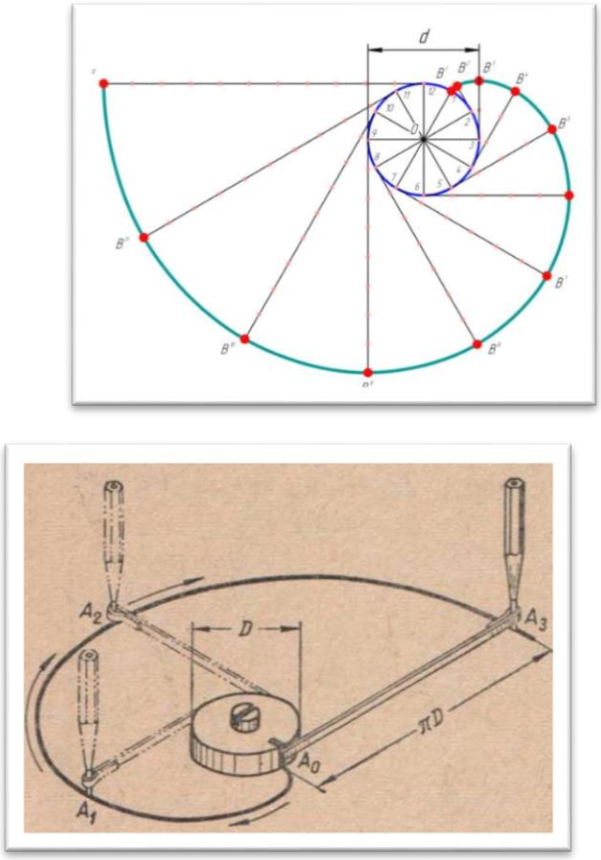


Рис. 7. Эвольвента окружности

Рис. 8. Фрагменты интерьера дома Бальe арх. Гауди

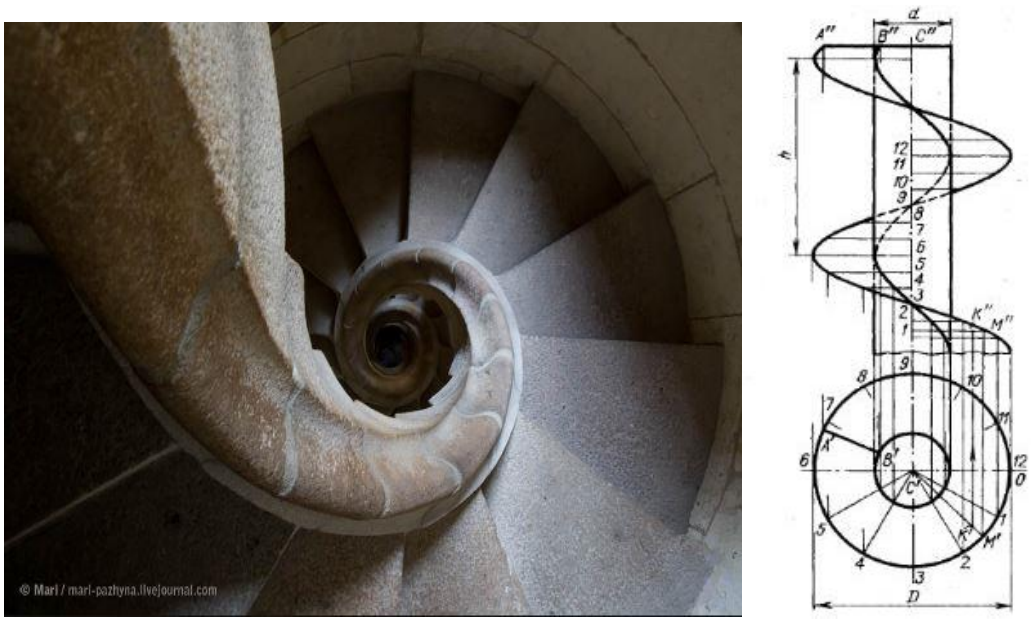


Рис. 9. Винтовая лестница в одной из башен Саграда Фамилия

Поверхность геликоида описывается параметрическими соотношениями:

$$\begin{cases} x = u\cos v \\ y = u\sin v \\ z = hv, \end{cases}$$

то есть *x, y, z* – это параметры, при изменении которых меняется и вид поверхности. При геометрическом построении прямого или наклонного геликоида необходимо иметь две направляющие и шаг движения, который можно задать математически. Такая поверхность остается одной из самых уникальных в природе потому, что геликоид является минимальной поверхностью. Если рассмотреть цели и задачи, которые ставит перед собой архитектор-проектировщик, то использование этой поверхности может привести к экономичным, надежным и оригинальным конструкторским решениям. Это видно на примере винтовой лестницы башни Саграда Фамилия, которую мы рассматриваем на рисунке 9. Эта конструкция состоит из деталей мелкого членения, имеются в виду ступеньки, которые с одной стороны заделаны консольно, а с другой стороны – опираются одна на другую, к тому же ступеньки имеют особую форму. Если рассмотреть геометрию этой лестницы, то можно сделать вывод, что перед нами прямой геликоид, у которого образующая имеет сложную геометрическую форму, а направляющие – две гелисы разного радиуса закругления. Мы видим самоповторяющиеся алгоритмы, которые в пространстве складываются в нужную форму мастера. Подводя черту под вышесказанным видим, что Антонио Гауди обогнал свое время на много лет вперед.

***Выводы и перспективы дальнейших исследований***. Прикоснувшись к рассмотрению необыкновенного творчества великолепного мастера Антонио Гауди и проанализировав примеры архитектурного решения зданий и сооружений, мы видим, что он в совершенстве владел навыками и знаниями дисциплины «начертательная геометрия». Развивая пространственное воображение, начертательная геометрия предлагает нам всевозможные виды линий, геометрических фигур, объемных тел для воплощения идей мастеров архитектуры, одним из которых являлся Антонио Гауди. Особенность геометрических форм и их сочетание в пластике фасадов и интерьеров зодчего – это моделирование пространственной формы объекта с помощью кривых линий второго порядка.

ЛИТЕРАТУРА


1. Перпері А. О., Яворська Н. М. Конспект лекцій з дисципліни «Нарисна геометрія»: для студентів архітектурно-художніх спеціальностей: 191 «Архітектура та містобудування», 023 «Образотворче мистецтво, декоративне мистецтво, реставрація». – Одеса: ОДАБА, 2017. – 112 с.
2. Перпери А. А., Викторов А. В., Яворская Н. М. Гиперболический параболоид и его использование в архитектуре // Вісник ОДАБА. – 2015. – №60. – С. 460-462.
3. Перпери А. А., Сидорова Н. В., Яворская Н. М. Архитектура и геометрия // Научные труды SWorld. – 2017. – №47. – С. 56-70.
4. Творчество Антонио Гауди [Электронный ресурс] // История Архитектуры. – Режим доступа: http://archi-story.ru/antonio_gaudi/ (16.12.19). – Загл. с экрана.
5. Творчество Антонио Гауди. Дифирамб мастеру [Электронный ресурс] // культурология и искусствоведение. – Режим доступа: https://gallerix.ru/lib/tvorchestvo-antonio-gaudi/ (18.12.19). Загл. с экрана.
6. Биография Антонио Гаудио [Электронный ресурс] // Жизнь гения. – Режим доступа: https://www.casabatllo.es/ru/antoni-gaudi/works/ (20.12.19). – Загл. с экрана.
7. Антонио Гауди [Электронный ресурс] // Жизнь и творчество. – Режим доступа: https://architect.dovidnyk.info/index.php/arhitektory/antoniogaudi/ (21.12.19). Загл. с экрана.
8. Творения Гауди [Электронный ресурс] // парк Гуэля (Барселона). – Режим доступа: http://udivitelno.com/doma/item/188-park-guell-barcelona (22.12.19). – Загл. с экрана.
9. Парк Гуэля (Барселона) [Электронный ресурс] // Добрая сказка. – Режим доступа: https://kuku.travel/country/ispaniya/goroda-i-kurorty-ispaniya/barselona/park-guel-antonio-gaudi-dobraya-skazka-v-barselone/ (21.12.19). Загл. с экрана.
10. Скипор Т. Г. Архитектурно-инженерная мысль в работах Антонио Гауди и примеры творчества его современников. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://urok.1sept.ru/ (21.12.19). Загл. с экрана.