

Закономерности геометрического формообразования предметов быта через создание ребер жесткости

Patterns of geometric shaping of household items through the creation of stiffeners

Торопов Т.Д.

Студент, Ивановский государственный энергетический университет
e-mail: t_timon6@mail.ru

Toropov T.D.

Student, Ivanovo State Power University
e-mail: t_timon6@mail.ru

Волкова М.Ю.

доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, Ивановский государственный энергетический университет
e-mail: margaret_wolf@mail.ru

Volkova M.Yu.

Associate Professor, Ivanovo State Power University
e-mail: margaret_wolf@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы геометрических методов формообразования как процессов создания изделия в соответствии с общими ценностными установками культуры, требованиями эргономики, конструкцией и используемыми материалами.

Исследуется влияние ребер жесткости на создание оптимальной жесткости и устойчивости предметов быта. Для этого применяются методы геометрического моделирования при создании древнегреческой вазы из бумаги. Представляется конструкторское решение, повышающее жесткость и прочность деталей, различных конструкций, не увеличивая толщину стенок изделия. В статье предлагается использовать САПР «Компас-3D» для создания проектного образа вазы через визуализацию чертежа окончательного проектного экспериментального решения.

Ключевые слова: формообразование, эргономика, инженерный подход, конструкция, проектирование, моделирование.

Abstract

The article discusses the issues of geometric methods of shaping as the processes of creating a product in accordance with the general values of culture, the requirements of ergonomics, design and materials used.

The effect of stiffeners on the creation of optimal stiffness and stability of household items is investigated. For this, methods of geometric modeling are used when creating an ancient Greek vase from paper. It presents a design solution that increases the rigidity and strength of parts, various designs, without increasing the thickness of the walls of the product. The article suggests the use of CAD "Compass-3D" to create a design image of a vase through the visualization of the drawing of the final design experimental solution.

Keywords: shaping, ergonomics, engineering approach, design, design, modeling

1. В комплексной подготовке студентов технических вузов в области графических дисциплин, которые, как известно, являются основой многих специальных инженерных дисциплин, таких как детали машин, теория механизмов и машин и так далее [1], лежит изучение вопросов формообразования.

В основе формообразования и проектирования промышленного изделия лежат три составляющих компонента: форма, функция и конструкция. Освоение формы как параметра закономерностей графического изображения [2] помогает приобретать умения в передаче пластического решения и конструктивного построения через пропорции и объём.

Проектирование соединяет в себе исследовательское начало, точный расчет и, безусловно, художественную интуицию. Конечной целью проектирования является создание востребованного изделия. Это находит свое выражение в форме, композиции и цвете изделия.

Таким образом, для исследования закономерностей в вопросах формообразования необходимо:

- рассмотреть проектирование простых линейных, криволинейных, сложных форм;
- исследовать закономерности создания цельного изделия;
- рассмотреть вопросы применения золотых пропорций при выполнении бионического анализа.

2. При проектировании отдельных линейных и криволинейных форм необходимо помнить о таких специфических средствах композиции, как метр и ритм. Метр и ритм проявляются как закономерное повторение и чередование элементов.

Технология конструирования из бумаги имеет ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать. Они непосредственно связаны с макетными свойствами бумаги:

- гладкий лист бумаги не конструктивен;
- при конструировании обладает пластическими свойствами, требует необходимости прогиба в различных направлениях для создания ребер жесткости в проектируемом изделии;
- бумага не обладает свойствами восстановления после смятия и сжатия первоначальной формы, что, в конечном итоге, требует замены всей детали при изменении конструкции изделия.

Любое изделие создается на основе расчетной конструкции, которая представляет собой систему ребер жесткости, получаемых в результате проектных действий. Исследование бумажных заготовок позволяет определить общие принципы трансформации плоскости в рельефе. Геометрическая модель является частным случаем математической модели. Особенностью геометрической модели является то, что она всегда будет геометрической фигурой, а поэтому в силу своей природы является наглядной [3].

Цель работы – изучение формообразования с участием ребер жесткости на примере древнегреческой вазы.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- сбор информации;
- изучение принципов создания ребер жесткости в создании формы;
- применение методов инженерного подхода для создания предметов быта;
- расчеты создания вазы с применением ребер жесткости;
- применение графических редакторов для решения задачи.

Расчет должен быть таким, чтобы каждая сторона комбинированного элемента при соединении соответствовала модульному решению. В результате получается четкая, конструктивная и законченная форма, логически обоснованная в декоративно-ритмическом и эстетическом отношении [4].

При выполнении расчетов следует учесть ритмические ряды и пропорциональные соотношения будущего изделия, рассчитать ширину вазы, выполнить полную выкройку и последовательно сформировать изделие. На начальной стадии проектирования используется технический рисунок – это наглядное графическое изображение объекта, выполненное от руки или другими способами, в глазомерном масштабе, верно раскрывающее техническую идею,

конструкцию объекта [5, 6]. Затем при проектировании и расчете вазы необходимо использовать законы «золотого сечения», а также бинарные и тринарные уравнения целостности.

$$\frac{a+b}{b} = \frac{b}{a}$$

Если целое число $a+b$, меньший отрезок a , больший b , то
Такая задача имеет решение в виде корней уравнения

$$x^2 - x - 1 = 0, \text{ где } x_1 = \frac{\sqrt{5} + 1}{2} = +1,6180398878... \text{ и } x_2 = -\frac{\sqrt{5} - 1}{2} = -0,6180398875...$$

Геометрический образ числа золотого сечения $\Phi=1,618034$.

Золотое сечение является одновременно символом и математическим кодом строительства живых структур (рис. 1).

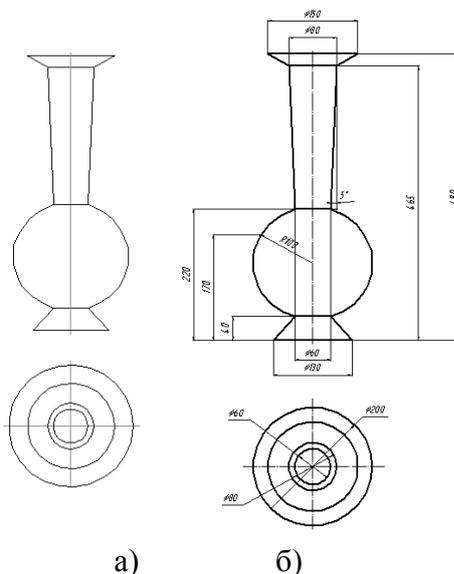


Рис. 1. Конструирование вазы:

а – разработка общего силуэта изделия;

б – расчет пропорций вазы согласно *золотым пропорциям*

3. В рамках исследований экспериментально решен вопрос с образованием сферической формы: при достаточно четко выраженных и сформированных ребрах жесткости бумага сама принимает дугообразную форму.

Экспериментально доказано, что существует разница между отдельными деталями: это плотность ребер жесткости. На одной детали ребра жесткости имеют одинаковый шаг, а на другой – разный. Доказано, что деталь с одинаковым шагом ребер меньше подвержена механическому воздействию, например скручиванию, чем деталь с разным шагом ребер жесткости. Деталь с разным шагом ребер более пластична, чем деталь с одинаковым шагом. Поэтому выбор детали зависит от задуманной первоначально формы тела.

При продолжении эксперимента сформированы разновеликие элементы орнаментального характера (рис. 2). Формирование окончательного варианта выкройки выполнялось в программе *Компас 3D* [7, 8, 9, 10].

Доказано, что квадраты в конструкции из бумаги позволяют создавать такие элементы, как сфера или эллипсоид. Это происходит потому, что в таком узоре плотность (шаг) ребер жесткости больше, чем у первоначальной детали, поэтому это дает больше возможностей в плане механического воздействия (скрутить, сжать по горизонтали, по вертикали).

Дальнейшие манипуляции включают в себя склеивание отдельных элементов в различной последовательности для получения в конечном итоге развертки, наиболее соответствующей задуманной вазе.

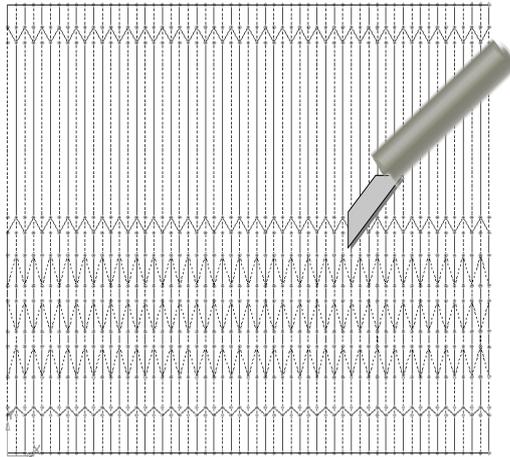


Рис. 2. Расчет выкройки изделия: уточнение размеров для полного соответствия разработанному силуэту и обведение основных линий резаком для создания сложного силуэта вазы

В результате экспериментов ставились и решались как конструктивные, так и технические задачи:

- от чего зависит степень изгиба элемента;
- угол его наклона по отношению к оси симметрии.

В результате экспериментов найден способ перехода от одной части вазы к другой.

В результате проделанной работы сделан вывод, что созданы те ребра жесткости, на которые опирается средняя часть вазы. Они как несущие колонны крепко удерживают конструкцию и не дают ей сломаться (согнуться).

После создания различных переходов и соединений получилась форма, похожая на форму выбранной вазы. Поэтому начался процесс создания аналогичных элементов. Горловина и нижняя часть вазы при их округлении должны стянуться к центру из-за переменного шага в узоре.

4. Принципы формообразования в бионическом расчете показали, что вазу можно разделить на три основные части (горлышко, средняя часть круглой формы и основание). Соотношение размеров этих частей между собой и относительно всего предмета (его высоты и ширины) и формируют восприятие вазы [2].

Отношение высоты к ширине вазы составляет $\frac{480}{210} \approx 2,3$ (можно рассматривать как двойной квадрат). Соотношение ширины вазы и её основания $\frac{210}{130} = 1,61$ приближается к числу *золотого сечения* $\Phi^{+1} = 1,618034$ (таблица бинаров и тринаров).

Следующим этапом предлагается рассмотреть пропорции горлышка вазы. Соотношение его ширины с шириной вазы

$$\frac{210}{150} = 1,4 \approx \Phi_u^{+1} = 1,4655712 \quad \text{— верхнее золотое число.}$$

Отношения нижнего и верхнего диаметров горлышка

$$\frac{80}{60} = 1,33 \approx \Phi_e^{-1} = 1,3247178 \quad \text{— нижнее золотое число,}$$

$$\frac{150}{80} = 1,87 \approx \Phi_{sm}^{-1} = 1,8392864 \quad \text{— малое золотое число.}$$

Далее рассматривается отношение высоты вазы и высоты горлышка

$$\frac{480}{260} = 1,84 \approx \Phi_{sm}^{-1} - \text{малое золотое число.}$$

Средняя часть вазы может быть рассмотрена как векторное пространство. Векторы, образующие его, незначительно изменяются по длине – построение по кругу и в форме шара. Согласно заданным геометрическим пропорциям и векторным составляющим, представленным на рис. 3, можно сделать заключение, что рассматриваемая ваза удовлетворяет условиям *золотых* пропорций и может быть выполнена в материале как соответствующая эстетическим нормам. Таким образом, в рамках научного эксперимента освоено проектирование художественного цельнокроеного изделия. Выявлена необходимость точного расчета выкройки с учетом геометрических параметров.

Чертеж вазы выполнялся на листе формата А1.

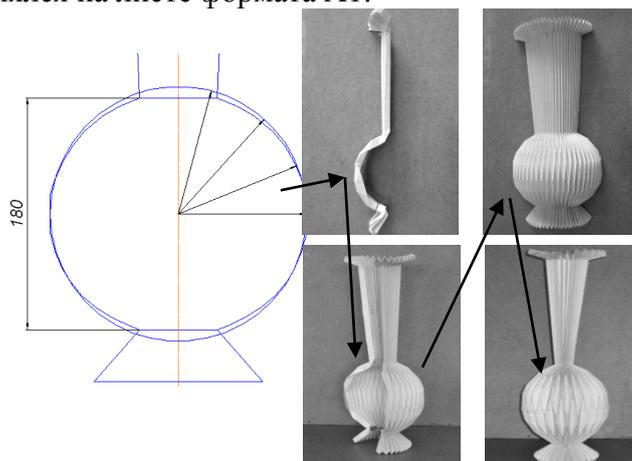


Рис. 3. Схематичное изображение векторных составляющих, участвующих в формообразовании вазы

Чтобы избежать ошибки, при сборке изделия не рекомендовалось уменьшать длину листа; ширина листа при этом могла меняться и зависела от расчетной высоты вазы.

В рамках исследований доказано, что красота образа промышленного изделия напрямую зависит от степени приближения к числу золотого сечения и золотым пропорциям.

Литература

1. Федосеева М.А. Методика подготовки студентов технических вузов графическим дисциплинам // Геометрия и графика. – 2019. – №1. – С. 68–73. – DOI: https://doi.org/10.12737/article_5c91fed8650bb7.79232969
2. Волкова, М.Ю. Исследование законов формообразования геометрических тел: монография/ М.Ю. Волкова; ФГБОУВО "Ивановский государственный политехнический университет". – Иваново, 2019. –100 с.
3. Сальков Н.А. Геометрическое моделирование и начертательная геометрия // Геометрия и графика. – 2016. – №. 4. – С. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.12737/22841> (дата обращения: 11.02.2020).
4. Шипков О.И. Зрительный эффект членения поверхности // Геометрия и графика. – 2017. – №. 4. – С. 68–72. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5a1802e98cd668.78094174
5. Константинов А.В. Наглядность изображений в техническом рисунке // Геометрия и графика. – 2017. – №. 3. – С. 67–77. DOI: https://doi.org/10.12737/article_59bfa6aba19b77.86685460
6. Волкова М.Ю., Егорычева Е.В. Графическая грамотность инженера как способ получения фундаментальных профессиональных знаний// Геометрия и графика. – 2014. –Т. 2. – С. 39–46.

7. *Волкова, М.Ю.* Исследование современных технологий для улучшения качества образовательного процесса / М.Ю. Волкова // Состояние и перспективы развития электро-технологии (XVIII Бенардосовские чтения). – Иваново, 2013. Т. 3. – С. 282 – 285.
8. *Волкова, М.Ю.* Использование информационных систем для повышения образовательного процесса / М.Ю. Волкова // Материалы междунар. научно-техн. конфер. "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XIII Бенардосовские чтения) 27 – 29 мая, 2015 г. – Иваново: ФГБОУВПО Ивановский государственный энергетический университет – 2015.– Т. 3. – С. 381 – 384.
9. *Волкова, М.Ю.* Информационные технологии в образовательном процессе / М.Ю. Волкова // Информационная среда вуза: Материалы XXII междунар. науч.-техн. конф.; ФГБОУВО "Ивановский государственный политехнический университет".– Иваново: Издательский центр ДИВТ ИПК "Пресс Сто". – 2015. – С. 41–43.
10. *Савельев Ю.А.* Компьютерная методика изучения начертательной геометрии. техническое задание// Геометрия и графика. – 2018. –Т. 6. – № 1. – С. 75–82. — DOI: org: 10.12737/issue_5ae056f5d72253.93373871