УДК 7.07+624+745/749

# УНИВЕРСАЛНЫЕ КОНСТРУКЦИИ В. Г. ШУХОВА В ПРЕДМЕТНОМ ИНДУСТРИАЛНОМ ДИЗАЙНЕ

**©Д. И. Желева-Мартинс, ©С. Б. Ташева**

# V.G. Shuhov`s Universal Structures in Product and Industrial Design

**D. I. Zheleva-Martins, S. B. Tasheva**

*Инженеру В. Г. Шухову первому в мире пришла идея использования совместной статической работы системы из стержней и ее применения в строительстве. Он является изобретателем таких видов конструкции из стержней как: сетчатые оболочки перекрытий; сетчатые оболочки перекрытий в виде стальной мембраны (вдвойне изогнутая решетка из прямых стержней); сетчатые гиперболоидно-параболоидные сетки из прямых стержней. Шуховские сетчатые конструкции получили широкое распространение в архитектуре XX и XXI века и сегодня они стали мощным средством современного архитектурного формообразования. Авторы статьи на конкретных примерах показывают, как сетчатые оболочки, гиперболоидные сетки, стальные мембраны, оболочки двоякой кривизны Шухова интерпретируются в современном индустриальном предметном дизайне. Одновременно авторы доказывают, что конструкции в течение одного века видоизменяются сообразно технологическому развитию дизайна, как по отношению процесса проектирования, так и по отношению применяемых материалов, средств и методов производства дизайнерских объектов.*

Ключевые слова: *конструкции Шухова; сетчатые оболочки; стальная мембрана; гиперболоидно-параболоидные сетки; конструкции из стержней; универсальные конструкции; предметный индустриальный дизайн.*

*Engineer Shuhov is the first one who ever have the idea of using the compatible static work of a system of bars as building structures. He is an inventor of the following structure types: Gridshells; Gridshells as steel membranes (double curved meshes by straight bars); Hyperbolic-paraboloid gridshells of straight bars. Gridshell structures are widespread in the architecture and design development in XX and XXI century. Nowadays they are powerful tool in the process of architectural form-formation. In architectural design all of the invented by Shuhov structures are applied. In the study we shall show how gridshells, hyperbolic gridshels, steel membranes and doubly ruled structure surfaces of Shuhov are interpreted in contemporary material and industrial design. We shall also present these structures accordingly to the design evolution in technology, both in the aspects of design methodology and of materials and tools of industrial implementation. Most of all, the study will discuss the question why structures, including the ones invented by Shuhov, are universal as principles. In conclusion we shall show the contributions of the genius Russian engineer Vladimir Grigorievich Shuhov, highlighting in parallel the actual directions of contemporary development of form-formation in architecture and design.*

Key words: *Shuhov's structures, gridshell, steel membrane, hyperbolic-paraboloid steel shell of straight bars, straight joints structures, universal structures, product industrial design.*

*«Говорят, идея использования сетчатых конструкций у Шухова родилась благодаря казусу, аналогичному тому, который позволил Ньютону открыть закон*

© **Виана Добрина Иванова Желева-Мартинс**, доктор архитектуры, доцент (Лесотехнический университет, София, Болгария), e-mail: bina_viana@yahoo.com

© **Стела Борисова Ташева,** доктор архитектуры, **доцент (Болгарская академия наук, Научно-исследовательский институт искусств,** София, Болгария), e-mail: stelabt@gmail.com

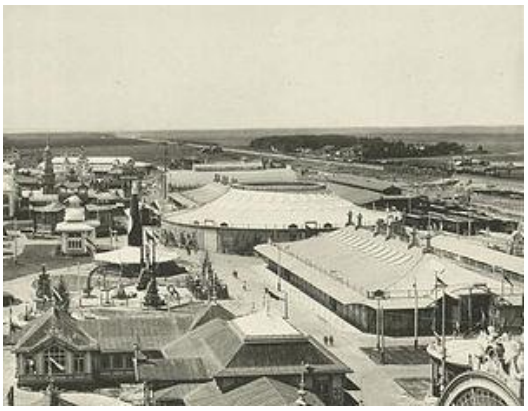
*всемирного тяготения. В роли яблока послужило обычное цветочное кашпо, сплетенное из прутьев. Его прочность оказалась достаточной, чтобы выдержать вес взрослого человека, вставшего на него одной ногой. Это и стало причиной экспериментов с конструкциями, аналогичными по своему устройству тому самому «плетеному горшку»* [1].

Начнем с наиболее важного вклада Владимира Григорьевича Шухова для развития конструкции и формообразования в архитектуре и дизайне, а именно, с тем знаменательным фактом, что в конце XIX века талантливый русский инженер разработал основы теории оболочек.

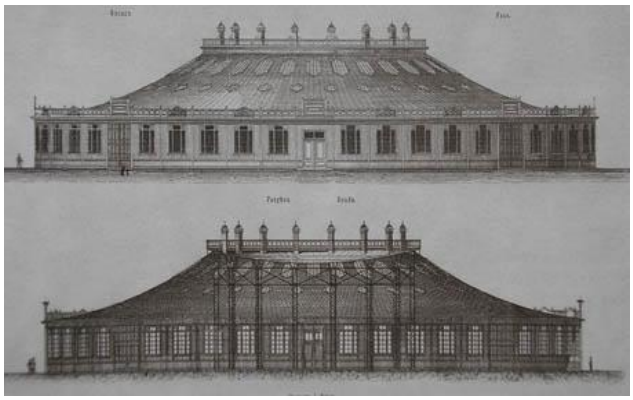
1. *Перекрытие-оболочка* это строительная конструкция перекрытий зданий и сооружений. В архитектурной практике используются выпуклые, висячие, сетчатые и мембранные оболочки из железобетона, металлов, древесины, полимерных, тканых и композиционных материалов. Специально разработанная Шуховым теория оболочек используется именно для расчёта таких конструкций. Инженеру Шухову первому пришла идея использования совместной статической работы системы из стержней и ее применения в строительстве для покрытия больших пространств. Так родилась конструкция сетчатой оболочки. Сетчатые оболочки перекрытий были запатентованы гениальным российским инженером В. Г. Шуховым.

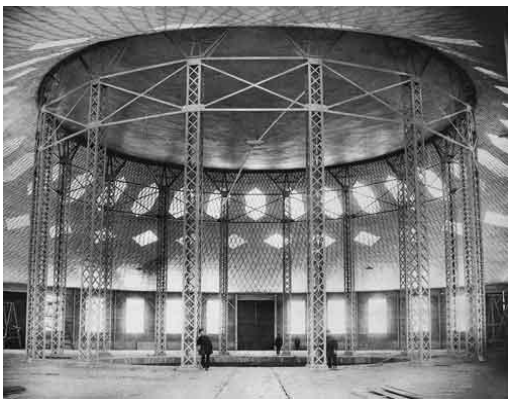
2. *Сетчатая оболочка* это несущая конструкция, состоящейся из перекрещивающихся в двух направлениях стержней. Конструкция работает как одно целое, причем все стержни несут приблизительно одинаковую нагрузку, что позволяет изготавливать их одного сечения: «Сетчатые оболочки представляют собой новый тип металлических конструкций, основанный на применении однотипных стержневых и узловых элементов. Сетчатые оболочки, как правило, имеют центрический план и образуются высечкой из сферы квадратной, треугольной или шестиугольной формы в плане (оболочки положительной гауссовой кривизны) или высечкой из поверхности гиперболоида вращения квадратной или ромбической формы (оболочки отрицательной гауссовой кривизны» [2].

Первые в мире сетчатые оболочки перекрытий построены Шуховым для павильонов Всероссийской промышленной и художественной выставки в Нижнем Новгороде, проходившей в 1896 году.



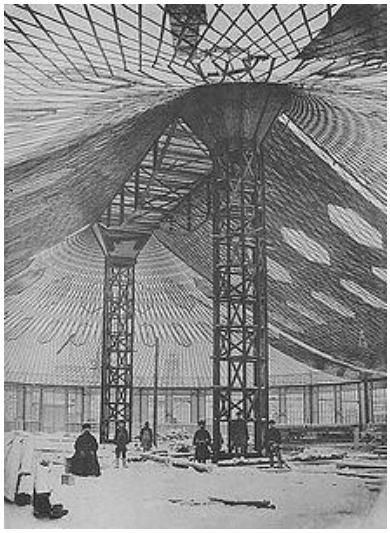
Ил.1. Ротонда и прямоугольный павильон с висячими перекрытиями-оболочками В. Г. Шухова. Нижний Новгород, 1896.





Ил. 2–3. Павильон-ротонда В. Г. Шухова; Конструкция – комбинация тонкостенной оболочки мембраны и висячей сетки в покрытии круглого в плане павильона Инженерно-строительного отдела XVI Всероссийской художественно-промышленной выставки в Нижнем Новгороде. Фото А.О. Карелина 1895 года.

3. Ротонда Шухова является и первым в мире перекрытием в виде *стальной мембраны:* крыша этого павильона представляла собой вдвойне изогнутую решетку, сформированную полностью из прямых железных прутьев.



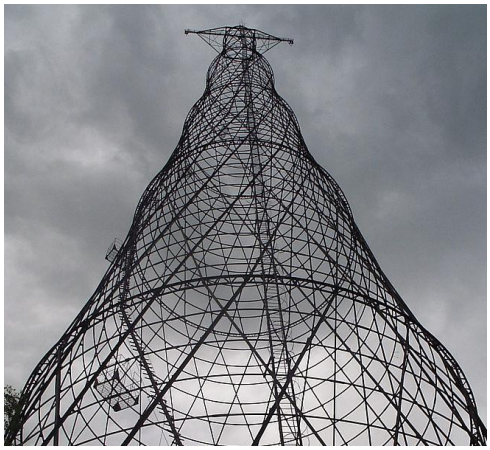


Ил. 4. Строительство овального павильона, фотография А. О. Карелина, 1895.
Ил.5. Строительство первых в мире сетчатых оболочек-перекрытий двоякой кривизны: конструкции В. Г. Шухова на Выксунском металлургическом заводе, 1897.

4. На Выксунском металлургическом заводе, в городе Выкса (Нижегородская область), находится еще один уникальный памятник промышленной архитектуры построеный великим русским инженером Шуховым в конце XIX века. Это цех с первыми в мире парусообразными стальными сетчатыми оболочками покрытия двоякой кривизны. Формы двоякой кривизны были построены вновь с решеткой из прямых прутев.

5. Шухов изобрёл еще и способ устройства *сетчатых гиперболоидных конструкций,* он ввёл в архитектуру форму однополосного гиперболоида. Гиперболоидные конструкции – это сооружения в форме однополостного гиперболоида или гиперболического параболоида. Такие конструкции, несмотря на свою кривизну, строятся из прямых балок. Первая в мире гиперболоидная конструкция была применена инженером В. Г. Шуховым в водонапорной башне, на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде в 1896 году.





Ил. 6. Первая в мире гиперболоидная башня В. Г. Шухова на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде, фотография А. О. Карелина, 1896. Ил. 7. Шуховская башня на Оке.

Это был однополостный гиперболоид вращения высотой 32 м, образован 80 прямыми стальными профилями, концы которых крепятся к кольцевым основаниям. Сетчатая стальная оболочка из ромбовидно пересекающихся профилей упрочнена 8 параллельными стальными кольцами, расположенными между основаниями. Шуховская башня на Оке это единственная в мире гиперболоидная многосекционная опора линии электропередачи, выполненная в виде несущей сетчатой оболочки.

Радиобашня на Шаболовке в Москве стала самой высокой из шуховских башен (160 м). Она имеет оригинальную изящную сетчатую конструкцию, благодаря чему достигается минимальная ветровая нагрузка, представляющая главную опасность для высоких сооружений. По форме секции башни — это однополостный гиперболоид вращения, сделанный из прямых балок, упирающихся концами в кольцевые основания. Ажурная стальная конструкция сочетает в себе прочность и легкость.





Ил.8- 9. В. Г. Шухов. Радиобашня на Шаболовке в Москве, 1919-1922 гг.

Принцип устройства гиперболоидных башен В. Г. Шухов использовал в сотнях разнообразных по функции сооружений: водонапорных башнях, опорах линий электропередач, маяках, мачтах военных кораблей и т. д. По вопросу применения конструкции перекрытия оболочки в мировом строительстве и архитектуре,

исследователи пишут, что до середины XX века они использовались редко, ввиду сложности расчёта, повышенных требований к качеству материалов и соблюдению технологий монтажа. Поиски в области нового формообразования со стороны архитекторов часто опережали развитие технологии строительства. Начиная со второй половины XX века, перекрытия-оболочки получили полное признание, и нашли широкое распространение в архитектуре, в основном, благодаря развитию математики, в том числе современной геометрии; внедрению компьютеров в практику расчёта конструкций; компьютерного проектирования и, наконец, благодаря появлению новых строительных материалов и технологий. Сегодня сетчатые конструкции стали мощным средством архитектурного формообразования. В архитектуре используются все виды Шуховских конструкций: сетчатые перекрытия-оболочки, мембраны, гиперболоидные сетки, гиперболидно-параболоидные сетки и, кроме того, многие сложные по своей конфигурации сетчатые конструкции. Несущие сетчатые конструкции обычно выполняются из металлов, композиционных материалов, древесины. Перекрытия-оболочки использовали и продолжают использовать в своем творчестве знаменитые инженеры и архитекторы: Антонио Гауди, Пьер Луиджи Нерви, Эро Сааринен, Оскар Нимейер, Кэндзо Тангэ, Бакминстер Фуллер, Норман Фостер, Фрэнк Оу Гери, Николас Гримшоу, Сантьяго Калатрава, Хьюго Херинг, Ричард Роджерс, Фрай Отто и другие.

Конструкции на основе перекрития-оболочки являются очень подходящими для выражения современного стиля эпохи, характеризуются своим высокотехнологическим языком, который проявляется кроме как в архитектуре во всех видах искусства, в том числе и дизайне.

6. Существует вариация легенды об источнике вдохновления инженера Владимира Григорьевича Шухова, где о рождении идеи гиперболоидной башни он сам говорил: *«Однажды прихожу раньше обычного в свой кабинет и вижу: моя ивовая корзинка для бумаг перевернута вверх дном, а на ней стоит довольно тяжелый горшок с фикусом. И ясно встала передо мной будущая конструкция башни»* [4]. Впечатляет очень интересная констатация: инженер открыл качества конструкции сетчатой оболочки, на примере сплетенной из прутьев корзинки, – объекта, из мира предметного дизайна.

Считая, что в принципе все конструкции являются универсальными, мы попробуем показать как сетчатые оболочки, гиперболоидные сетки, стальные мембраны, оболочки двоякой кривизны Шухова, интерпретируются в современном индустриальном предметном дизайне.

Начнем с применения в дизайне конструкции сетчатой оболочки. В начале 1950 года дизайнеры Иймзы, Чарлз и Рэй исследовали связи и сварки арматурного железа в качестве основы для мебели и разработали различные объекты, в том числе металлические стулья [5, с.103]. Интересно отметить, что их вдохновляли именно формы корзины, а также сетевые лодки-контейнеры и вязаная одежда.

Стулья изготовлены на основе конструкции сетчатой оболочки из металических проводов, по заказу мебельной компании Германа Миллера (Herman Miller). Введенные в производстве в 1951 году стулья Иймс немедленно становятся хитом. Стулья из проводов (wire-chairs) очень легкие, экономичные и элегантные и были очень популярными на рынке с 1951 по 1967 год. Кроме того, они выдержали испытание временем и остаются востребованными и сегодня, как полвека назад.



Ил. 10. Стулья из проводов (wire-chairs), дизайнеры Иймзы Чарз и Рей, компания Герман Миллер (Herman Miller).

Надо отметить, что в 1950-х годах, когда большинство стульев были сделаны из жесткой древесины, линия мебели со сварной проволоки была полностью инновационной. В 1952 году дизайнерская фирма Кнол (Knoll) выпустила первую серию стульев Бертоа (Bertoia) и до сих пор их производит. Знаменитый *Алмазный стул* (Diamond Chair), разработанный именно дизайнером Гарри Бертоа.

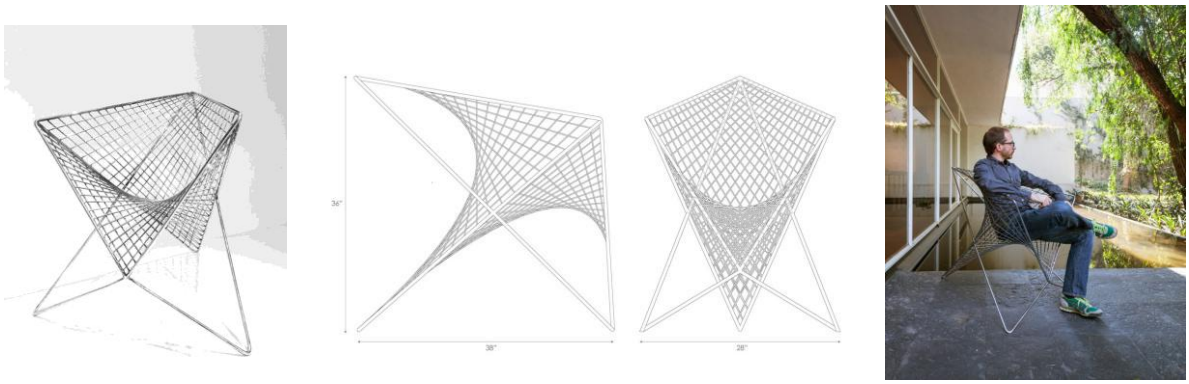


Ил.11. Стулья Г. Бертоа, 1950-е гг.

Применяемая конструкция состоит из изогнутых стержней, составляющие единую сеть, – это сетчатая оболочка сложной кривизны. Стулья дизайнера Бертоа имеют флуидную, скульптурную форму. Они сделаны из сварных стержней с полированным или матовым хромированием; стержни склеены рилсаном (очень прочный клей); подушки крепятся к стулу замком-защелкой. По словам самого Бертоа: *«Если вы посмотрите на эти стулья, они в основном из воздуха, как скульптура. Пространство проходит прямо через них»* [7].

Рассмотрим применение в дизайне гиперболоидных конструкций, сетчатых оболочек двоякой кривизны. Во время Международной ярмарки современной мебели в 2013 году (ICFF- International Contemporary Furniture Fair 2013), дизайнер Карло Айелло (Лос-Анджелес) представил стул *Парабола*, скульптурный пористый стул из металла, представляющий собой сетчатую оболочку двоякой кривизны (гиперболический параболоид), где все компоненты являются прямыми и очень просты в изготовлении. Для достижения идеального комфорта, кривизна тщательно калибрована, так чтобы держать

тело в лучшем положении. Как ожидалось, студия получила Международную премию современной мебели.



Ил. 12. Стул *Парабола*, дизайнер Карло Айелло, 2013 г.

Другой современный пример применения конструкции сетчатой оболочки двоякой кривизны в дизайне дает нам мастер хай-тека – Норман Фостер. Это придуманный им для **Molteni&C** *Кофейный столик Teso*. Здесь сетчатая оболочка различается тем, что формована не из стержней, а из одного перфорированного стального диска. Столик интересен своей инновационной технологией производства: *«Чтобы сформировать основание, перфорированный стальной диск вытягивают до тех пор, пока он не превратится в исключительно прочную сетку. Процесс полностью роботизирован, а человеку остается только любоваться меняющейся в зависимости от угла обзора графикой сквозь стеклянную столешницу»* [9].



Ил. 13. Кофейный столик Teco (Teso) впервые представлен на Миланской выставке мебели 2013 г., дизайн - Н. Фостер, компания **Molteni&C**.

Стойки стола, барного основания и кофейного столика дизайнера Полья Леройя (Paul Leroy) представляют другой интересный пример применения сетчатой гиперболоидной конструкции в современном дизайне мебели.



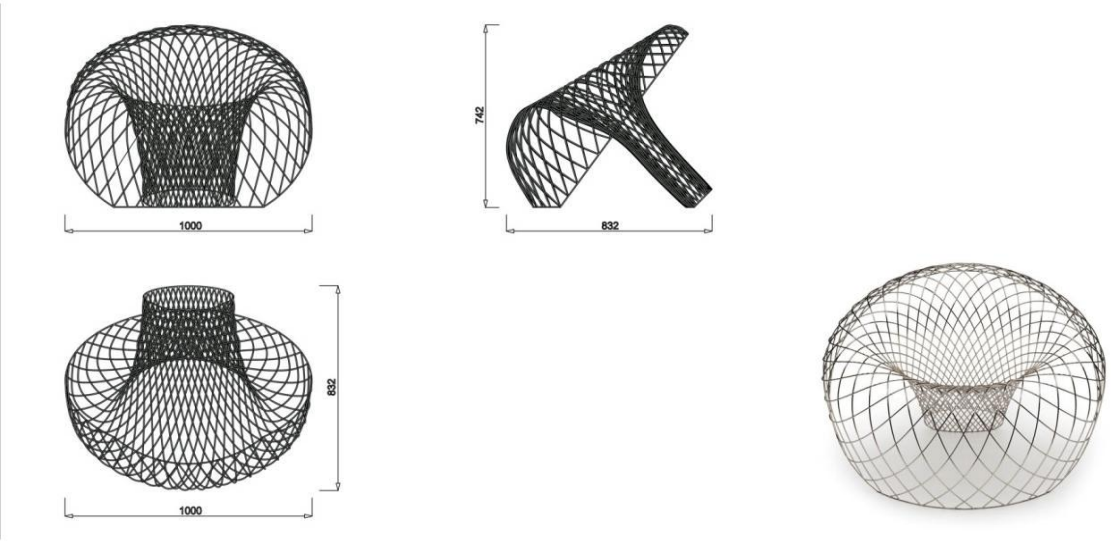
Ил. 14. Гиперболоидная стойка и два варианта стола Айояма (Aoyama), автор датско- французский архитектор и дизайнер Пол Лерой (Paul Leroy), 2008.

Еще один пример аналогичного формообразования, основанного на конструкции гиперболоида, представляет табурет-корзина итальянского дизайнера Энрико Брессан (Enrico Bressan). Соучредитель дизайн-компании Artecnica, архитектор по профессии, он создал прочный, легкий табурет/корзину из алюминия, для внутреннего и наружного использования, вдохновляясь волокнистым скелетом кактуса. Стул «Кактус» нежный, но способный поддерживать большой вес [12].



Ил.15. Табурет-корзина «Кактус» итальянского дизайнера Энрико Брессан.

Далее представим применение в дизайне конструкции стальной мембраны – вдвойне изогнутой решетки, сформированной из металлических прутьев. Дизайнер мебели Броди Найл (Brodie Neill) демонстрировал свой стул *Reverb wire chair* в Салоне мебели Милано в 2012 году. Этот великолепный скульптурный стул был создан в 2010 году, в лондонской студио Superdesign и произведен компанией Marzorati Ronchetti. Геометрия стула осуществляется прутьями (из полированной нержавеющей стали), которые изгибаются и повторяются до формирования сложной гиперболоидной сетки с ромбовидными отверстиями различной размерности. Принцип работы конструкции мембраны такой, что стержни работают на растяжении. В данном случае действует комбинированная система– стержни работают как на растяжение, так и на сжатие.




Ил. 16. Стул дизайнера Броди Найл (Reverb Wire Chair, by Brodie Neill, Marzorati Ronchetti).

Конечно, можно продолжать с примерами интерпретации конструктивных типов сетчатых оболочек в области современного мебельного и предметного дизайна, но и мы считаем, что примеры, которые рассмотрели вполне достаточными, чтобы убедится в универсальности применения конструкции Шухова. Надо отметить, что эти конструкции в течение одного века видоизменяются сообразно технологическому развитию дизайна, как по отношению процесса проектирования, так и по отношению применяемых материалов, средств и методов производства дизайнерских объектов.

Сегодня мы являемся свидетелями бурного развития науки, в том числе математики, физики, бионики, синергетики, топологии, фрактальной геометрии; развития компютерных технологий, програмирования, применение компютерной симуляции и анимации конструкций; внедрения методологии параметрического и адаптивного дизайна; разработки и внедрения в производстве новых материалов. Все это неминуемо открывает горизонты для инженерной науки, для открытия новых конструкций и революционизирует формообразование в архитектуре и дизайне. Однако имя Владимира Григорьевича Шухова, его теория оболочек и конструкций, которые он открыл, остаются актуальными до сих пор. Например, Норман Фостер признает влияние Владимира Шухова на свое творчество [14,15] сетчатые оболочки Шухова вдохновили также другого знаменитого инженера Фрай Отто. Интерпретация конструкции Шухова продолжается и в строительстве, и в архитектуре, и в дизайне именно потому, что они являются универсальными. Они так логичны и органично связаны с естественными условиями нашей планеты, подобно конструкции и форме дерева, они экономичны и ажурны, подобно конструкции паутины, они рациональны и оптимальны как тканые птичьи гнезда, как плод естественного инстинкта. Заслуга гениального русского инженера В. Г. Шухова в том, что он сумел открыть для человеческой деятельности и воплотить универсальные конструкции, которые созданны природой.

**Список литературы**

1. Новиков, А. Онтология сетчатых оболочек. – http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/t_001/main.shtml (дата обращения 7.01.13).
2. Файбишенко, В. К. Типы сетчатых оболочек и их конструктивные решения // Металлические конструкции: Учебное пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1984. – http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-108-metallokonstrukcii/39.htm (дата обращения 7.01.13).
3. Шухова, Елена. Труды и дни инженера В.Г.Шухова // Журнал "Наше Наследие" - История, Культура, Искусство. – http://www.nasledie-rus.ru/podshivka/7009.php (дата обращения 7.01.13).
4. Володин, М. От соломы до сетчатых оболочек и гиперболоидных башен: Русские корни архитектурного хай-тека. – http://www.chaskor.ru/article/ot_solomy_do_setchatyh_obolochek_i_giperboloidnyh_bashen_25156 (дата обращения 7.01.13).
5. Ангелова, Д. Основные тенденции в формообразовании стульев и кресел в период с XX по начало XXI века //Дизайн. Искусство. Промышленность: Международный сборник научных трудов. Выпуск I. / отв. ред. к. ист.н. Н. М. Шабалина. – Челябинск, 2012. – 184 с.
6. Eames Wire Chairs – http://www.hermanmiller.com/products/seating/multi-use-guest-chairs/eames-wire-chairs.html (дата обращения 7.01.13).
7. *Innovative Furniture by Harry Bertoia*. – http://www.harrybertoia.org/furniture.html (дата обращения 7.01.13).
8. *Parabola Chair by Carlo Aiello Design Studio.* Posted by Jaime Derringer on 05.13.13 in Home Furnishings – http://design-milk.com/parabola-chair-by-carlo-aiello-design-studio/ (дата обращения 7.01.13).
9. "*Беркель, Хадид, Колхас, Нувель и другие архитекторы в Милане*». - http://www.forma.spb.ru/archiblog/2013/05/10/architectori-milan/ (дата обращения 7.01.13).
10. *Teso Table for Molteni & C.* - http://www.fosterandpartners.com/news/three-new-products-launch-at-milan-furniture-fair/ (дата обращения 7.01.13)
11. *Aoyama Tables designed by Paul Leroy in 2008.* - http://www.gubi.dk/en/designers/paul-leroy/ (дата обращения 7.01.13).
12. *Accessories: Kaktus Designed by Enrico Bressan.* - http://www.artecnicainc.com/Products#Accessories/Kaktus (дата обращения 7.01.13).
13. *Milan 2012: Reverb Wire Chair / Brodie Neil.* - http://www.recity.com.br/project-309-brodie-neill-milan-2012-reverb-wire-chair (дата обращения 7.01.13).
14. Фостер, Норман. *Конструкции Шухова радикальны сегодня ...* – http://www.youtube.com/watch?v=Vi464P7OUVs (дата обращения 7.01.13).
15. Rainer Graefe. *Norman Foster – Vladimir Shukhov – Architecture.* – http://awbis.ru/video/tags/yocbBPPUEA4 (дата обращения 7.01.13).

## References

1. Novikov A. Ontologija setchatyh obolochek. Available at: http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/t_001/main.shtml (accessed 7 July 2013).
2. Fajbishenko V. K. Tipy setchatyh obolochek i ih konstruktivnye reshenija. Available at: http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-108-metallokonstrukcii/39.htm (accessed 1 July 2013).
3. Shuhova Elena. Trudy i dni inzhenera V.G.Shuhova. Available at: http://www.nasledie-rus.ru/podshivka/7009.php (accessed 7 July 2013).
4. Volodin M. Ot solomy do setchatyh obolochek i giperboloidnyh bashen: Russkie korni arhitekturnogo haj-teka. Available at: http://www.chaskor.ru/article/ot_solomy_do_setchatyh_obolochek_i_giperboloidnyh_bashen_25156 (accessed 7 July 2013).

5. Angelova D. Osnovnye tendencii v formoobrazovanii stul'ev i kresel v period s XX po nachalo XXI veka [Major Trends in the Form-Building of Chairs and Armchairs since XX – the beginning of XXI century]. Dizajn. Iskusstvo. Promyshlennost': Mezhdunarodnyj sbornik nauchnyh trudov. Vypusk I. otvetstvennyj redaktor k.ist.n. N.M. Shabalina [Design. Art. Industry.The International collection of scientific papers. Issue I. Executive Editor Ph.D. N.M. Shabalina], Chelyabinsk, 2012, vol. 1, p. 184.

6. Eames Wire Chairs. Available at: http://www.hermanmiller.com/products/seating/multi-use-guest-chairs/ (accessed 7 July 2013).
7. *Innovative Furniture by Harry Bertoia.* Available at: http://www.harrybertoia.org/furniture.html (accessed 7 July 2013).
8. *Parabola Chair by Carlo Aiello Design Studio.* Posted by Jaime Derringer on 05.13.13 in Home Furnishings. Available at: http://design-milk.com/parabola-chair-by-carlo-aiello-design-studio/ (accessed 7 July 2013).
9. "Berkel', Hadid, Kolhas, Nuvel' i drugie arhitektory v Milane». Available at: http://www.forma.spb.ru/archiblog/2013/05/10/architectori-milan/ (accessed 7 July 2013).
10. *Teso Table for Molteni & C.* Available at: http://www.fosterandpartners.com/news/three-new-products-launch-at-milan-furniture-fair/ (accessed 7 July 2013).
11. *Aoyama Tables designed by Paul Leroy in 2008.* Available at: http://www.gubi.dk/en/designers/paul-leroy/ (accessed 7 July 2013).
12. *Accessories: Kaktus Designed by Enrico Bressan*. Available at: http://www.artecnicainc.com/Products#Accessories/Kaktus (accessed 7 July 2013).
13. *Milan 2012: Reverb Wire Chair / Brodie Neil.* Available at: http://www.recity.com.br/project-309-brodie-neill-milan-2012-reverb-wire-chair (accessed 7 July 2013).
14. Foster Norman. *Konstrukcii Shuhova radikal'ny segodnja* ... Available at: http://www.youtube.com/watch?v=Vi464P7OUVs (accessed 7 July 2013).
15. Rainer Graefe. *Norman Foster – Vladimir Shukhov – Architecture.* Available at: http://awbis.ru/video/tags/yocbBPPUEA4 (accessed 7 July 2013).