

Л.А. АЛБОРОВА¹, И.А. МАМИЕВА²

¹Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (ЦНИИПромзданий), г. Москва, Россия

²Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, г. Москва, Россия

КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ФОРМЫ В АРХИТЕКТУРЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В НАЧАЛЕ XXI-го ВЕКА

Аннотация. До настоящего времени систематизированы существующие архитектурные стили со своими модификациями, подвидами и стилевыми течениями применительно к тонким оболочкам и оболочечным структурам. Имеются несколько хронологий развития архитектурных стилей. Установлено, что интенсивность и разнообразие применения аналитических и аналитически незадаваемых поверхностей в архитектуре оболочечных структур, тонких оболочек и во внешних формах разнообразных сооружений поддаются разбиению на пять временных периодов. Последний пятый период было решено назвать «Возрождение интереса к оболочкам и сооружениям криволинейной формы, возникновение новых архитектурных стилей». Согласно материалам исследования он начался в начале XXI-го века. В данной статье показано, что до сегодняшнего времени нашли применение 37 аналитических поверхностей из более шести сотен известных поверхностей. Авторы констатируют реальное положение в архитектуре криволинейных форм и показывают возрастающий интерес архитекторов и строителей к таким объектам. Показано, что с 2000-го года использованы 16 основных архитектурных стилей, не считая новейшие стили, заявленные архитекторами, но обозначенные одним-двумя сооружениями. Перечислены с конкретными примерами аналитические и аналитически незадаваемые поверхности нашедшие применение в реальных сооружениях. Указаны архитекторы, участвовавшие в проектировании наиболее значимых зданий и сооружений.

Ключевые слова: архитектура оболочек, аналитические поверхности, этапы строительства оболочек.

L.A. ALBOROVA¹, I.A. MAMIEVA²

¹Central Scientific Research Institute for Industrial Buildings and Structure, Moscow, Russia

²RUDN University, Moscow, Russia

CURVILINEAR FORMS IN ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND ERECTIONS

Abstract. To date, the existing architectural styles have been systematized with their modifications, subspecies and style trends in relation to thin shells and shell structures. There are several chronologies of the development of architectural styles. It has been established that the intensity and variety of the use of analytical and analytically non-assignable surfaces in the architecture of shell structures, thin shells and in the external forms of various structures can be divided into five time periods. The last fifth period was decided to be called "The revival of interest in shells and curvilinear structures, the emergence of new architectural styles." According to the research materials, it began at the beginning of the XXI century. This article shows that up to now 37 analytical surfaces out of more than six hundred known surfaces have been used. The authors constate the real situation in the architecture of curvilinear forms and show the increasing interest of architects and builders in such objects. It is shown that since 2000, 16 main architectural styles have been used, not counting the latest styles declared by architects, but designated by one or two structures. Analytical and analytically undetectable surfaces that have found

© Алборова Л.А., Мамиева И.А., 2023

application in real structures are listed with specific examples. The architects who participated in the design of the most significant buildings and structures of curvilinear forms at the beginning of the XXI century are indicated. The literature used contains 32 titles.

Keywords: *shell architecture, analytical surfaces, shell construction stages.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Krivoschapko S.N., Christian A. Bock Hyeng, Mamieva I.A. Chronology of erection of the earliest reinforced concrete shells // *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*. 2014. Vol. 18. Iss. 2. Pp. 95-108.
2. Krsić S. Geometrijske površi u arhitekturi. Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerzitet u Nišu. Štampa Galaksija, Niš. 2012. 238 p.
3. Butelski K. The Architecture of Curved Shapes // *Nexus Network Journal*. January. 2000. Vol. 2. No. 1. Pp. 19-23. doi:10.1007/s00004-999-0004-x.
4. Encyclopedia of 20-th Century Architecture. R. Stephen Sennot, Editor. Taylor & Francis Group. NY. 2003. doi:4324/9780203483886
5. Krivoschapko S.N. Shell structures and shells at the beginning of the 21st century // *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2021. Vol. 17. No. 6. Pp. 553-561. doi:10.22363/1815-5235-2021-17-6-553-561
6. Adnan F., Yunus R.M. The influence of curvilinear architectural forms on environment behaviour // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. December 2012. Vol. 49. Pp. 341-349. doi:10.1016/j.sbspro.2012.07.032
7. Krivoschapko S.N., Christian A. Bock Hyeng, Gil-oulbe Mathieu. Stages and architectural styles in design and building of shells and shell structures // *Building and Reconstruction*. 2022. № 4(102). С. 112-131. doi:10.33979/2073-7416-2022-102-4-112-131
8. Кривошапко С.Н., Алборова Л.А., Мамиева И.А. Оболочечные структуры: генезис, материалы и подвиды. Часть 1: Подвиды и направления // *Academia. Архитектура и строительство*. 2021. № 3. С. 125-134. doi:10.22337/2077-9038-2021-3-125-134
9. Сысоева Е.В. Научные подходы к расчету и проектированию большепролетных конструкций // *Вестник МГСУ*. 2017. Т. 12. № 2(101). С. 131-141. doi:10.22227/1997-0935.2017.2.131-141
10. Братухин А.Г., Сироткин О.С., Сабодаш П.Ф., Егоров В.Н. Материалы будущего и их удивительные свойства. М. : Машиностроение, 1995. 128 с.
11. Киселева И.А. Применение кривых поверхностей в строительстве и инженерной практике / В сб.: Дни студенческой науки. Сб. докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. Министерство образования и науки Российской Федерации. МГСУ. 2018. С. 319-321.
12. Gil-oulbe Mathieu. Reserve of analytical surfaces for architecture and construction // *Building and Reconstruction*. 2021. No. 6 (98). Pp. 63-72. doi:10.33979/2073-7416-2021-98-6-63-72
13. Zhou F.-X. A constant slope surface and its application / *3rd International Conference on Geology, Mapping and Remote Sensing (ICGMRS)*, 2022. Pp. 78-81. doi:10.1109/ICGMRS55602.2022.9849334
14. Иванов В.Н., Алешина О.О. Геометрия прямых коноидов с ортогональной системой координат // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2023. № 2 (307). С. 53-62. doi:10.37538/0039-2383.2023.2.53.62
15. Zhang J., Wang M., Wang W., Tang W. Buckling of egg-shaped shells subjected to external pressure // *Thin-Walled Structures*. 2017. Vol. 113. Pp. 122-128
16. Иванов В.Н. Геометрия и формообразование многогранных коробчатых криволинейных поверхностей на базовой циклической поверхности // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2012. № 2. С. 3-10.
17. Krivoschapko S.N. Geometry and strength of general helicoidal shells // *Applied Mechanics Reviews*. May 1999. Vol. 52. No. 5. Pp. 161-175. doi:10.1115/1.3098932
18. Velimirović L.S., Radivojević G., Stanković M.S., Kostić D. Minimal surfaces for architectural constructions // *Facta Universitatis. Series: Architecture and Civil Engineering*. 2008. Vol. 6. No 1. Pp. 89-96. doi:10.2298/FUACE0801089V
19. Алборова Л.А. Минимальные поверхности в строительстве и архитектуре // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2021. № 1. С. 3-11. doi:10.21869/2311-1518-2021-33-1-3-11
20. Чешкова М.А. Тор Клиффорда и бутылка Клейна // *Известия Алтайского государственного университета*. 2017. № 1 (93). С. 144-14. doi:10.14258/izvasu(2017)1-29

21. Ганеева М.С., Скворцова З.В. Напряженно-деформированное состояние катеноидной оболочки вращения из ортотропного материала // Актуальные проблемы механики сплошной среды. К 20-летию ИММ КазНЦ РАН: сб. статей. Том II. Казань: ИММ КазНЦ РАН, 2011. С. 153-160.
22. Мамиева И.А. Аналитические поверхности для параметрической архитектуры в современных зданиях и сооружениях // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 1. С. 150–165 <http://aac.raasn.ru/index.php/aac/article/view/201>.
23. Иванов В.Н., Рынковская М.И. Применение циклических поверхностей в архитектуре зданий, конструкций и изделий // Вестник РУДН. Инженерные исследования. 2015. № 3. С. 111-119.
24. Гринько Е.А. Поверхности плоскопараллельного переноса конгруэнтных кривых // Строительная механика и расчет сооружений. 2021. № 3. С. 71–77. doi:10.37538/0039-2383.2021.3.71.77
25. Барчугова Е.В. Параметризм как направление современной проектной деятельности // Архитектура и современные информационные технологии. 2013. № 4(25). 4 с. EDN: RRETSJ
26. Маяцкая И.А., Беловолов М.Г. Применение фрактальных поверхностей при проектировании сооружений // Актуальные проблемы науки и техники: Материалы Национ. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, Дон. гос. техн. ун-т (ДГТУ). Ростов-на-Дону, 2020. С. 1695-1697.
27. Кривошапко С.Н. К вопросу об основных архитектурных стилях, направлениях и стилевых течениях для оболочек и оболочечных структур // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 3. С. 255-268. doi:10.22363/1815-5235-2022-18-3-255-268
28. Марченко Л.А., Негай Г.А. Анализ криволинейности в архитектуре // Новые идеи нового века: Материалы Международной научной конференции. ФАД ТОГУ. 2013. Т. 1. С. 191-197. [EDN: PZAIAB].
29. Hyeng Christian A. Bock, Yamb Emmanuel B. Application of cyclic shells in architecture, machine design, and bionics // Int. J. of Modern Engineering Research. 2012. Vol. 2. No. 3. Pp. 799-806.
30. Бойков И.К. Геометрия циклид Дюпена и их применение в строительных объектах // Расчет оболочек строительных конструкций. М.: УДН. 1982. С. 116-129.
31. Иващенко Н.А. Архитектура брутализма в зарубежном и российском искусствоведении после Рейнера Бэнема // Артикульт. 2022. №4(48). С. 6-16. doi:10.28995/2227-6165-2022-4-6-16
32. Бондаренко И.А. Об уместности и умеренности архитектурных новаций // Academia // Архитектура и строительство. 2020. № 1. С. 13-18. <http://aac.raasn.ru/index.php/aac/article/view/185>. (дата обращения: 24.03.2023).

REFERENCES

1. Krivoshapko S.N., Christian A. Bock Hyeng, Mamieva I.A. Chronology of erection of the earliest reinforced concrete shells. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*. 2014. Vol. 18. No. 2. Pp. 95-108.
2. Krsić Sonja. Geometrijske površi u arhitekturi. Građevinsko- arhitektonski fakultet Univerzitet u Nišu. Štampa Galaksija, Niš, 2012. 238 p.
3. Butelski K. The Architecture of Curved Shapes. *Nexus Network Journal*. January 2000. Vol. 2(1). Pp. 19-23. doi:10.1007/s00004-999-0004-x.
4. Encyclopedia of 20-th Century Architecture. R. Stephen Sennot, Editor. Taylor & Francis Group. NY. 2003. doi:4324/9780203483886
5. Krivoshapko S.N. Shell structures and shells at the beginning of the 21st century. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2021. Vol. 17. No. 6. Pp. 553-561. doi:10.22363/1815-5235-2021-17-6-553-561
6. Adnan F., Yunus R.M. The influence of curvilinear architectural forms on environment behavior. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. December 2012. No. 49. Pp. 341-349. doi:10.1016/j.sbspro.2012.07.032
7. Krivoshapko S.N., Christian A. Bock Hyeng, Gil-oulbe Mathieu. Stages and architectural styles in design and building of shells and shell structures. *Building and Reconstruction*. 2022. No. 4 (102). Pp. 112-131. doi:10.33979/2073-7416-2022-102-4-112-131
8. Krivoshapko S.N., Alborova L.A., Mamieva I.A. Shell structures: genesis, materials, and subtypes. Part 1. Subtypes and directions. *Academia. Architecture and Construction*. 2021. No. 3. Pp. 125-134. doi:10.22337/2077-9038-2021-3-125-134. (rus)
9. Sysoeva E.V. Nauchnye podkhody k raschetu i proektirovaniyu bol'sheproletnykh konstruksiy [Scientific Approaches to Calculation and Design of Large-Span Structures]. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2017. Vol. 12. No. 2(101). Pp. 131-141. doi:10.22227/1997-0935.2017.2.131-141 (rus.)

10. Bratukhin A.G., Sirotkin O.S., Sabodash P.F., Egorov V.N. Materials of Future and their Wonderful Properties. Moscow: Mashinostroenie Publ.; 1995. 128 p. (rus)
11. Kiseleva I.A. The application of curvilinear surfaces in building and engineering practice. In book: Dni Studencheskoy Nauki [Days of Student Science]. Proc.: Reports of Scientific-and-Technical Conference under the Final Results of Scientific-and-Research Works of Students of Institute of Building and Architecture of MONRF, MGSU, 2018. Pp. 319-321.
12. Gil-oulbe Mathieu. Reserve of analytical surfaces for architecture and construction // Building and Reconstruction. 2021. No. 6 (98). Pp. 63-72. doi:10.33979/2073-7416-2021-98-6-63-72
13. Zhou F.-X. A constant slope surface and its application. 2022 3rd International Conference on Geology, Mapping and Remote Sensing (ICGMRS). 2022. Pp. 78-81. doi:10.1109/ICGMRS55602.2022.9849334
14. Ivanov V.N., Aleshina O.O. Geometry of right conoids with an orthogonal coordinate system. *Structural Mechanics and Analysis of Constructions*. 2023. No. 2(307). Pp. 53-62. doi:10.37538/0039-2383.2023.2. 53.62 (rus)
15. Zhang J., Wang M., Wang W., Tang W. Buckling of egg-shaped shells subjected to external pressure. *Thin-Walled Structures*. 2017. Vol. 113. Pp. 122-128.
16. Ivanov V.N. Geometry and forming of the polyhedral box type surfaces on base cyclic surface. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2012. No. 2. Pp. 3-10. (rus)
17. Krivoshapko S.N. Geometry and strength of general helicoidal shells. *Applied Mechanics Reviews*. May 1999. Vol. 52. No. 5. Pp. 161-175. doi:10.1115/1.3098932
18. Velimirović L.S., Radivojević G., Stanković M.S., Kostić D. Minimal surfaces for architectural constructions. *Facta Universitatis. Series: Architecture and Civil Engineering*. 2008. Vol. 6. No 1. Pp. 89-96. doi:10.2298/FUACE0801089V
19. Alborova L.A. Minimal surfaces in building and architecture. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii [Biosphere compatibility: human, region, technologies]*. 2021. No. 1. Pp. 3-11. doi:10.21869/2311-1518-2021-33-1-3-11 (rus)
20. Cheshkova M.A. Clifford torus and Klein bottle. *Izvestiya Altaiskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2017. No. 1 (93). Pp. 144-147. doi:10.14258/izvasu(2017)1-29 (rus)
21. Ganeyeva M.S., Skvortzova Z.V. Stress-strain state of catenoid shell of revolution from orthotropic material. *Aktualnie Problemi Mehaniki Sploshnoy Sredy [Actual Problems of Mechanics of Solid Body]*. IMM KazNTz RAN. Vol. II. Kazan, 2011. Pp. 153-160. (rus)
22. Mamieva I.A. Analytical surfaces for parametrical architecture in contemporary buildings and structures. *Academia. Architecture and Construction*. 2020. No. 1. Pp. 150-165. <http://aac.raasn.ru/index.php/aac/article/view/201> (date of application: 24.03.2023). (rus)
23. Ivanov V.N., Rynkovskaya M.I. Application of circular surfaces to the architecture of the buildings, structures and products. *RUDN journal of engineering research*. 2015. No. 3. Pp. 111-119. (rus)
24. Grinko E.A. Surfaces of plane-parallel transfer of congruent curves. *Structural Mechanics and Analysis of Constructions*. 2021. No. 3. Pp. 71-77. doi:10.37538/0039-2383.2021.3.71.77 (rus)
25. Barchugova E.V. Parametrisation as direction of the modern project. *Architecture and modern information technologies*. 2013. No. 4(25). 4 p. EDN: RRETSJ. (rus)
26. Mayatzkaya I.A., Belovolov M.G. Application of fractal surfaces in design of erections. *Aktualnie Problemi Nauki i Techniki [Actual Problems of Science and Engineering]*. DGTU, Rostov-na-Donu. 2020. Pp. 1695-1697. (rus)
27. Krivoshapko S.N. On the basic architectural styles, directions, and style flows for shells and shell structures. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2022. Vol. 18. No. 3. Pp. 255-268. doi:10.22363/1815-5235-2022- 18-3-255-268. (rus)
28. Marchenko L.A., Negay G.A. Curvilinear analysis in architecture. *Novie Idei Novogo Veka [New Ideas of New Century]*. Proc. of International Scientific Conference FAD TOGU. 2013. Vol. 1. Pp. 191-197. (rus)
29. Hyeng Christian A. Bock, Yamb Emmanuel B. Application of cyclic shells in architecture, machine design, and bionics. *Int. J. of Modern Engineering Research*. 2012. Vol. 2. No. 3. Pp. 799-806.
30. Boikov I.K. Geometry of Dupin cyclides and their application for building structures. *Raschet Obolochek Stroitelnykh Konstruktsiy [Analysis of Shells of Building Structures]*. Moscow: UDN, 1982. Pp. 116-129. (rus)
31. Ivaschenko N.A. Brutalist architecture in Russian and foreign art history after Reyner Banham. *Articult*. 2022. No. 4(48). Pp. 6-16. doi:10.28995/2227-6165-2022-4-6-16. (rus)
32. Bondarenko I.A. On the appropriateness and moderation of architectural innovation. *Academia. Arkhitektura i Stroitel'stvo. Academia. Architecture and Construction*. 2020. Vol. 1. Pp. 13-18. <http://aac.raasn.ru/index.php/aac/article/view/185>. (date of application: 24.03.2023). (rus)

Информация об авторах:

Алборова Лана Анатольевна

Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (ЦНИИПромзданий), г. Москва, Россия,
архитектор отдела архитектурно-строительной мастерской -1.

E-mail: dikko@yandex.ru

Мамиева Ираида Ахсарбеговна

Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, г. Москва, Россия,
ведущий специалист инженерной академии РУДН.

E-mail: i_mamieva@mail.ru

Information about authors:

Alborova Lana A.

Central Scientific Research Institute for Industrial Buildings and Structure, Moscow, Russia,
architect of the department of architectural and construction workshop -1.

E-mail: dikko@yandex.ru

Mamieva Iraida A.

RUDN University, Moscow, Russia,
lead specialist at the Engineering Academy.

E-mail: i_mamieva@mail.ru