

Оболочечные структуры: генезис, материалы и подвиды. Часть 1. Подвиды и направления

С.Н.Кривошапка, РУДН, Москва

Л.А.Алборова, РУДН, Москва

И.А.Мамиева, РУДН, Москва

В статье рассматриваются стилевые течения применительно к тонким оболочкам и оболочечным структурам. Причём, вышесказанное не касается технологических оболочек и пространственных структур, таких как трубопроводы, подземные туннели, машиностроительные изделия и т.д. Все рассмотренные стили проиллюстрированы конкретными построенными объектами. Установлено, что всего при проектировании оболочечных структур архитекторами было использовано 26 архитектурных стилей и стилиевых направлений. Для интересующихся более подробной информацией приводится обширная библиография.

Ключевые слова: архитектурные стили, архитектура оболочек, оболочка, пространственная структура.

Shell Structures: Genesis, Materials and Subtypes.

Part 1. Subtypes and Directions

S.N.Krivoshapko, RUDN University, Moscow

L.A.Alborova, RUDN University, Moscow

I.A.Mamieva, RUDN University, Moscow

The article considers architectural styles and directions as applied only for thin shells and shell structures. The styles are studied for architectural shells but technological shells and technological spatial structures such as pipes, underground tunnels, machine-building goods, and so on are not considered. Diagrams of the architectural styles, constructive building materials, and spatial erections of the shell type appearing at the same time were drawn up. An attempt to coordinate these three parameters and to find the intercommunication between them was made. All considered styles are illustrated by concrete erected objects. The founders of the architectural styles and the dates of their appearances are named. It was discovered that 26 architectural styles and style directions were used in the process of designing of shell structures. A chronology of appearance of constructive building materials is briefly presented and the history of building of the shells and shell structures from considered constructive materials is given. For those who are interested in the more detailed information, the bibliography containing 38 names is presented at the end of the paper.

Keywords: architectural style, shell architecture, shell, spatial structure, constructive building materials, public building.

В последнее время появляются всё больше научных статей, предсказывающих возобновление проектирования и строительства большепролётных оболочечных структур различного назначения. Золотой век тонких оболочек был в 1922–1965 годы, потом интерес к ним затих до начала XXI века [1]. Предчувствуя возобновление интереса к тонкостенным и структурным трёхслойным оболочкам, архитекторы создают свои собственные формы и архитектурные стили, предлагают альтернативы традиционному строительству. Например, архитектор А.В. Коротич в своей статье [2] отмечает: «Изобретение и использование собственной научно-творческой фундаментальной основы формообразования – прямой путь к созданию весьма обширного комплекса архитектурно-конструктивных решений новых оболочек, способных кардинально повлиять на формирование и развитие стилистических художественных концепций интерьеров и малых форм...».

В основе статьи лежит исследование... выполнение которого дало возможность провести анализ информации о существующих архитектурных стилях, направлениях, стилиевых течениях. Выполнив это исследование, можно делать прогнозы и намечать пути воплощения эстетических и технологических запросов общества, проводить анализ и классификацию архитектурных стилей, что совокупно является отдельной крупной задачей, требующей особого рассмотрения. Будем исходить из того, что архитектурный стиль – это совокупность характерных черт и признаков архитектуры определённого времени и места.

Характеристика архитектурных стилей применительно к тонким оболочкам и оболочечным структурам

Рассмотрим кратко архитектурные стили, их подвиды, направления и разновидности, в рамках которых архитекторы создали знаковые пространственные большепролётные сооружения и искривлённые структуры оболочечного типа. Часто один и тот же объект может быть причислен к разным стилям или к различным стилиевым течениям. В этом случае авторы используют устоявшиеся определения или сведения, содержащиеся в публикациях известных архитекторов со ссылками на использованные источники.

Кубизм использует простые геометрические трёхмерные формы. Сооружения, выполненные в этом стиле, содержат наклонные поверхности, кристаллоподобные и «гранёные» элементы и формы, созданные из пирамид, кубов и призм. Фактором, влияющим на развитие архитектуры, кубизм стал с

1912 года, хотя в чисто виде применялся только в Чехии и только до середины 1920-х годов. Основателем этого архитектурного стиля считается архитектор Павел Янак (P. Janák).

Архитекторы Петер Беренс (P. Behrens), считающийся одним из основоположников *промышленной архитектуры*, и Вальтер Гропиус (Walter A.G. Gropius) упростили проектирование зданий, используя материалы, пригодные для промышленного производства, и широко применяя стекло. С 1970-х годов термином «промышленная архитектура» стали обозначать объекты промышленного назначения, доминирующие на площадке (рис. 1).

Архитектурный стиль ар-деко («Art Deko Style»), называемый также «стилем модерн», возник в 1920-е годы и стал основным стилем в Западной Европе и США в 1930-е годы. Отличительные черты: простота, ясные, но необычные формы; симметрия, геометрический орнамент на фасаде, непрямоугольные оконные проёмы, использование искусственных материалов совместно с натуральными [3]. Покрытие Дворца Грешема¹ (Gresham Palace, Будапешт, Венгрия, рис. 2) – одно из первых сооружений в этом стиле. Архитекторы – Ж. Квиттнер (J. Quittner), Й. и Л. Ваго (J. and L. Vago). В 1930-е годы наибольшей популярностью стиль пользовался во Флориде (South Beach in Miami). В качестве примера использования архитектурного стиля можно привести Базилику в Бельгии (A Roman Catholic Minor Basilica, Бельгия, 1905–1965) и жилой дом Мельникова (рис. 3). Стиль вышел из моды во время Второй мировой войны. В поздние 1960-е годы он вновь был востребован. В СССР архитектурные проекты ар-деко в чистом виде не получили широкого распространения.

Архитектура советского авангарда. Это архитектурное направление как модернистское направление архитектуры Советской России просуществовало всего около десяти лет – с 1920 по 1932 год. Эта архитектура дала начало многим архитектурным стилям: архитектурному конструктивизму, романтизму, символично-инженерному функционализму, советскому модернизму и постмодернизму. В это время в Москве

¹ Дворец назван в честь Томаса Грешема, английского купца и финансиста XVI века, основателя Королевской биржи в Лондоне



Рис. 1. Музей Автомобильного завода имени Ленинского комсомола. Москва. 1972 год. Фото из открытых источников сети Интернет



Рис. 2. Дворец Грешема (Gresham Palace). Будапешт, Венгрия. 1906 год. Фото из открытых источников сети Интернет

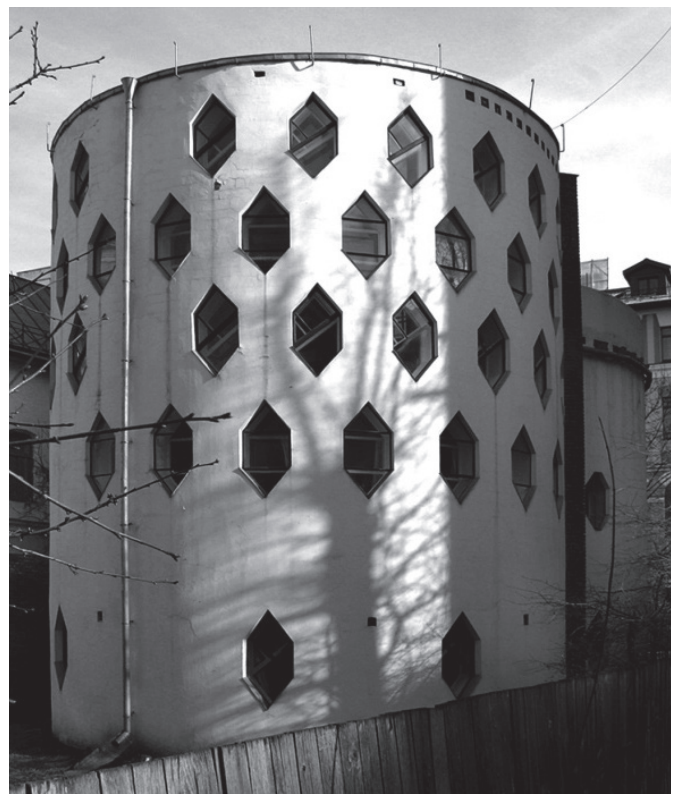


Рис. 3. Дом К.С. Мельникова. Москва. 1927–1929 годы. Фото И.А. Мамиевой



Рис. 4. Клуб фабрики «Буревестник». Москва. Архитектор К.С. Мельников. 1928–1930 годы

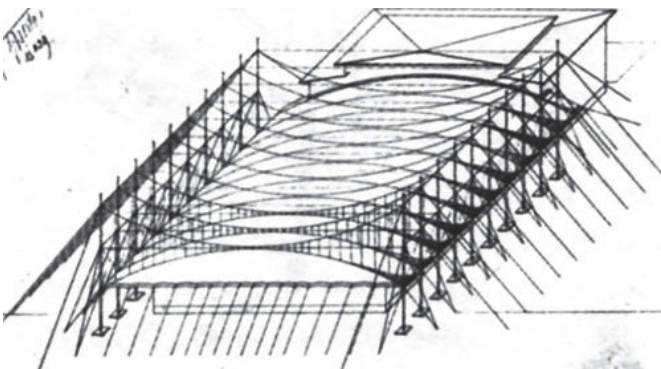


Рис. 5. Перекрытие летней эстрады. Проект. ЦПКиО, Москва, 1929 год



Рис. 6. Центр Гейдара Алиева. Баку. Архитектор Заха Хадид. Фото из открытых источников сети Интернет

были построены Шуховская башня (1922), дом К.С. Мельникова (1929, рис. 3), дом-коммуна (1930), хлебозавод № 5 (1931), клуб обувной фабрики «Буревестник» (1930). Некоторые формы и приёмы построения, впервые введённые в архитектуру в период расцвета архитектуры советского авангарда, получили дальнейшее развитие в современной западной практике [4]. Простые геометрические формы, такие как сфера, шатёр (И. Леонидов), цилиндр (К. Мельников) и спираль (В. Татлин, Н. Ладовский), возродились на рубеже 2000-х годов. В наше время крупнейшими теоретиком и исследователем архитектуры эпохи авангарда был С.О. Хан-Магомедов. Достойным его продолжателем является и О.В. Орельская [4].

Архитектурный конструктивизм (конструктивистские принципы). Родоначальником направления считается Вл. Татлин (1885–1953). Он начал конструктивистскую линию в русском авангарде. Лидером архитектурного конструктивизма принято считать А. Веснина. Некоторые здания этого стиля включают в себя цилиндрические оболочки с вертикальной осью: дом-коммуна на ул. Орджоникидзе (Москва, архитектор Ив. Николаев, 1929–1930), жилой дом К.С. Мельникова (см. рис. 3), клуб фабрики «Буревестник» (рис. 4). (Надо сказать, что некоторые архитекторы считают К.С. Мельникова единственным ортодоксальным конструктивистом.) Стиль отличается высокой функциональностью и выразительностью благодаря формам и материалам.

Симвоико-инженерный функционализм. Функционализм – направление в архитектуре XX века, требующее строгого соответствия зданий и сооружений протекающим в них производственным и бытовым процессам. Функционализм возник в Германии и Нидерландах в начале XX века как один из основных элементов более общего понятия «модернизм». Основатель стиля симвоико-инженерного функционализма – Г. Людвиг, создал проекты нескольких общественных зданий и построил первый объект в этом стиле [5]. В дальнейшем в своих проектах он использовал цилиндрические, конические винтовые поверхности, параболоиды вращения, усечённый конус. В 1929 году в этом стиле было возведено вантовое покрытие летней эстрады в ЦПКиО в Москве (рис. 5).

В самом названии «симвоико-инженерный функционализм» заложены основные признаки этого архитектурного стиля: символические монументальные формы, следование архитектуры за предназначением сооружения, использование новых инженерных решений, обязательное применение в сооружении простых криволинейных поверхностей.

Деконструктивизм в архитектуре – это направление, характеризующееся пересекающимися и изгибающимися поверхностями (рис. 6). Это – продолжение постмодернистской архитектуры, появившееся в 1980-х годах. Теоретик деконструктивизма – Ж. Деррида (J. Derrida). Для стиля характерно отсутствие гармонии, преемственности или симметрии. Архитекторы, чьи работы выполнены в стиле деконструктивизма, – это П. Эйзенман (P. Eisenman), Фр. Гери (Fr. Gehry), Р. Колхас (R. Koolhaas), Д. Либескинд (D. Libeskind), Б. Чуми (B. Tshumi).

Бионическая архитектура тесно связана с архитектурой свободных форм. Стиль возник в XVIII веке, но стал особенно популярен с начала XXI века. Термин «бионическая» впервые появился в 1958 году. Бионическая архитектура старается максимально вписать архитектурные объекты в природную среду [6], пытается при строительстве домов избежать угловые секции, однообразные прямые линии, гладкие стены, чтобы приблизить их к природе с её разнообразием и живой цветовой гаммой.

В США и на Ближнем востоке ведётся масштабное строительство экологических домов [(стиль эко-тек («ecotech»)]. Архитектурное бюро Винсента Каллебо (Vincent Callebaut) предлагает проект плавучего города «Кувшинка». В Москве наиболее ярким представителем бионической архитектуры считается дом «Яйцо» (архитектор С.Б. Ткаченко, 2002, рис. 7).

Органическая архитектура охватывает более широкий круг сооружений, чем бионическая. Создателем концепции органической архитектуры считается американский архитектор Луис Салливан (Louis Sullivan) – основатель американского модернизма. Понятие «органическая архитектура» было придумано Фрэнком Райтом (F.L. Wright) в 1908 году, её отличительная черта – приверженность к природным материалам: вместо стали, бетона и пластика используются камень, дерево и стекло (рис. 8).

Здание в форме гигантского цветка лотоса (Lotus Temple) в Дели (архитектор Ф. Сахба (F. Sahba) легко узнаваемо, было построено в 1986 году. Органическая архитектура рассматривает сооружение и внешнюю окружающую среду как единое целое. Архитектор Д. Пирсон (D. Pearson) в 2001 году предложил восемь правил проектирования объектов органической архитектуры [7]. Ю.И. Курбатов полагает, что «сам термин “органический” применяется в трёх значениях. В первом “органический” обозначает “следующий природе своего назначения и материалов”. Второе значение термина “органический” означает “подчинённый условиям природного ландшафта”. Третье значение понятия – “следующий природным формам как образцам”» [8].

Экспрессионизм в архитектуре характерен для Германии, Нидерландов и соседних с ними странах периода Первой мировой войны и 1920-х годов. Стиль характеризуется разрушением традиционных архитектурных форм с целью достижения максимального воздействия на посетителей. Предпочтение часто отдавалось архитектурным формам, которые имитировали природный ландшафт. Наиболее знаменитыми представителями архитектурного экспрессионизма были Э. Мендельсон (Er. Mendelsohn), Г. Шарун (G. Scharoun), Г. Хёринг (G. Höring). (Кстати, Г. Хёринг отвергал правильные геометрические формы.) Одно из первых сооружений, построенных в стиле экспрессионизма, – Эйнштейн Тауэр (The Einstein Tower, архитектор Э. Мендельсон), построенная в Потсдаме (Германия, 1919–1921, рис. 9).

Американский модернизм и постмодернизм – решительное обновление форм и конструкций, отказ от художественных стилей прошлого (рис. 10). Архи-



Рис. 7. Дом-яйцо. Москва. Архитектор С.Б. Ткаченко. Фото И.А. Мамиевой



Рис. 8. Дом архитектора И. Фирсова с покрытием в форме гипара. Город Приморск Ленинградской области. Фото из открытых источников сети Интернет



Рис. 9. Башня Эйнштейна (астрофизическая обсерватория). Германия. Архитектор Эрих Мендельсона. 1924 год. Фото из открытых источников сети Интернет

тектура модернизма основана на принципе, впервые сформулированном Л. Салливаном: «Форма следует за функцией». Культовые постройки американского модернизма – музей Соломона Гуггенхайма (архитектор Ф.Л. Райт, 1959) и терминал аэропорта им. Дж. Кеннеди.

Новые элементы постмодернизма, которые отсутствуют в модернизме, – это орнаменты, сложные формы, некоторая витиеватость и театральность. Критики модернизма и поклонники постмодернизма называли архитектуру, в которой присутствуют проблески этнической или тематической мысли, «настоящей, перспективной».

Советский модернизм в оболочечных структурах. Этот архитектурный стиль – продолжение авангарда 1920-х годов. Он вернулся в Россию в 1960-е–1980-е годы. Ресторан «Жемчужина» в форме зонтичной оболочки в Баку (архитекторы В. Шульгин и Р. Шарифов, 1962), кафе «Васара» в Паланге (Литва, архитектор А. Эйгирдас, 1967, рис. 11) и дворец торжественных церемоний в Тбилиси (архитекторы В. Джорбенадзе и Р. Орбеладзе, 1985) – лучшие образцы советского архитектурного модернизма.

Брутализм – стиль «тяжёлой» архитектуры – пришёл на смену модернизму в России в 1970 году [9]. Основоположники брутализма Элисон и Питер Смитсоны (Al.M. and P.D. Smithsons) призывали отказаться от обезличенного подхода модернизма в пользу более человеческой архитектуры. Брутализм просуществовал недолго (в Европе и США с 1950-х до 1970 года) и трансформировался в постмодернизм. Пластичность бетона, его «скульптурные» возможности были едва ли не главным элементом художественного языка у архитекторов-необруталистов. Сооружения имели массивные формы и конструкции (рис. 12). Одна из главных особенностей брутализма в СССР – использование в отделке не бетонной смеси, а других отделочных материалов, в основном, каменных плит. В Киеве примером брутализма может служить кампус КНУ им. Т. Шевченко (рис. 13) [9].

Постмодернизм – зародился в 1970-е – 1980-е годы. Это был возврат к орнаменту и более утонченному дизайну. Чарлз Дженкс (Ch. Al. Jencks), отец англо-американской ветви постмодернизма, заявлял, что «модернизм умер в Сент-



Рис. 10. Часовня Агнес Фланаган в колледже Льюиса и Кларка. Портленд, штат Орегон, США. Архитектор П. Тайри. 1969 год. Фото из открытых источников сети Интернет



Рис. 11. Кафе «Васара». Паланга, Литва. Фото из открытых источников сети Интернет



Рис. 12. Мемориальный комплекс Илин-ден. Крушево, Македония. 1974 год. Фото из открытых источников сети Интернет



Рис. 13. Университет им. Т. Шевченко. Фрагмент фасада. Киев, Украина. Фото С. Барашкова

Луисе, Миссури, 15 июля 1972 г. в 15.32». Тогда был снесена бетонный жилой комплекс «Пруитт-Айгоу» (Pruitt-Igoe). Пик постмодернизма в архитектуре пришёлся на 1977–1992 годы. Одним из основателей постмодернизма был Роберт Вентури (R. Venturi). Примером может служить массивное железобетонное здание торгового комплекса (Haas-Haus) в Вене [Австрия, архитектор Х. Холляйн (H. Hollein)], облицовано камнем и зеркальным стеклом (рис. 14) в соответствии с требованиями постмодернизма.

Стиль «хай-тек» появился в конце XX – начале XXI века как продолжение архитектуры постмодернизма. Хай-тек (high-tech) представляет собой своеобразное отражение всех достижений науки и техники XX века. Его основоположниками были англичане Н. Фостер, Р. Роджерс (R. Rogers), Н. Гримшоу, Дж. Стирлинг (J. Fr. Stirling) и итальянец Р. Пиано (R. Piano). Принято разделять хай-тек на два периода: ранний (1960-е – начало 1970-х) и современный (с середины 1970-х и по сегодняшний день). Большой вклад в развитие стиля внесли О. Фрей, создавший кинетические структуры, и Р. Фуллер, спроектировавший геодезические купола. Архитектурный стиль хай-тек – это, в первую очередь, абсолютная функциональность зданий, подчёркнутая ясностью пространственных решений и лёгкостью конструкций. В качестве основных материалов выступает стекло во всех его видах, металл и пластик. Имеются разновидности стиля: геометрический хай-тек, бионический и экологический хай-тек.

Геометрический хай-тек характеризуется поисками новых форм здания, выявлением удачной несущей системы сооружения на основе современных материалов, созданием новых покрытий без промежуточных опор и появлением ранее неиспользовавшихся геометрических структур здания. Яркой работой британского архитектора Н. Гримшоу в стиле геометрического хай-тека был ботанический сад «Эдем» в графстве Корнуолл (Англия, рис. 15).



Рис. 14. Торговый комплекс. Вена, Австрия. Построен в 1990 году. Фото И.А. Мамиевой

Экологический хай-тек (эко-хайтек) – разновидность архитектурного стиля «хай-тек», отличительными чертами которого являются использование исключительно натуральных материалов, природной энергии в виде солнца, ветра и переработанной дождевой воды, сохранение окружающего ландшафта, уникальный внешний вид (рис. 16). Этот стиль многое взял из органической архитектуры, но предъявил несколько дополнительных требований [10]. Основателем экологической архитектуры считается Ф.Л. Райт. Основные принципы этой специальной архитектурной концепции развил итальянский архитектор П. Солери (Paolo Soleri). Первые сооружения-оболочки в этом стиле построили Г. Пейчел (G. Peichl), Э. Амбас (Em. Ambasz), П. Ветсч (Peter Vetsch).

Архитектура многогранников. В последнее десятилетие у архитекторов, проектировщиков и строителей сильно возрос интерес к многогранникам. Появился термин «архитектура многогранников» [11]. Было построено большое количество зданий в форме многогранников и складок (рис. 17). Исследование, проведённое в [12], показывает, что за основу проектирования крупных архитектурных объектов берутся только призмы, призмато-



Рис. 15. Ботанический сад «Эдем». Графство Корнуолл, Великобритания. Фото из открытых источников сети Интернет



Рис. 16. Фрагмент экологической деревни Дитикон (Dietikon Village). Архитектор П. Феч (Peter Fech). Швейцария. Фото из открытых источников сети Интернет

иды, пирамиды, гексаэдры (кубы). Существует несколько десятков объектов в форме антипризм и ромбокубооктаэдров. Многие многогранники существует только в виде концепт-проектов.

Ноосферная архитектура – отражение философского взгляда на взаимосвязь деятельности человека и природы [13]. Исследования начались в первой половине 1980-х годов. В.И. Гребнев создал концепцию и технологии для строительства ноосферных домов – домов, где нет прямых углов. Сфера – наилучшая форма для дома при больших ветровых и снеговых нагрузках, имеет наибольший объём при наименьшей площади поверхности (рис. 18). В.И. Гребнев предлагает создавать единую архитектурно-природную среду при максимальном сохранении окружающей среды.

Параметрическая архитектура основана на аналитических методах задания поверхностей, математическом и компьютерном моделировании (рис. 19). Этот стиль сформировался в начале XXI века. Самыми известными архитекторами, работавшими в этом стиле, считаются Заха Хадид и Патрик Шумахер. Наиболее полная информация об объектах параметрической архитектуры приведена в [14].



Рис. 17. Торгов-развлекательный центр «5 планет». Дмитровское шоссе, Московская область. Фото С.Н. Кривошапко



Рис. 18. Купольные дома В.И. Гребнева. Фото С.Н.Кривошапко

Архитектура свободных форм, или архитектура сооружений, очерченных по аналитически задаваемым поверхностям (рис. 20), появилась потому, что часть архитекторов решили, что инновационное формообразование большепролётных тонкостенных оболочек, очерченных по каноническим поверхностям, и зданий простой прямоугольной формы себя исчерпало и любое новое сооружение будет повторением уже построенных аналогов. Бурное развитие архитектуры свободных форм способствовало появлению примерно в середине 2000-х годов архитектурной геометрии для оптимизации некоторых проблем, возникающих при проектировании в этом стиле. Основателем стиля считается Фр. Гери (Frank Gehry) [15].

Дигитальная (числовая) архитектура основывается на применении компьютерного моделирования, программирования и техники визуализации для создания физических строений (см. рис. 6). Термин «дигитальная архитектура» стал применяться в начале 1990-х годов. В англоязычных статьях термины «архитектура свободных форм» («free-form architecture») и дигитальная архитектура (digital architecture) имеют одинаковое значение. В некоторых публикациях предлагают выделить из дигитальной архитектуры в качестве отдельного архитектурного направления



Рис. 19. Живописный мост. Смотровая площадка в форме трёхосного эллипсоида. Москва. Архитектор Н. Шумаков. 2007 год. Фото И.А. Мамиевой



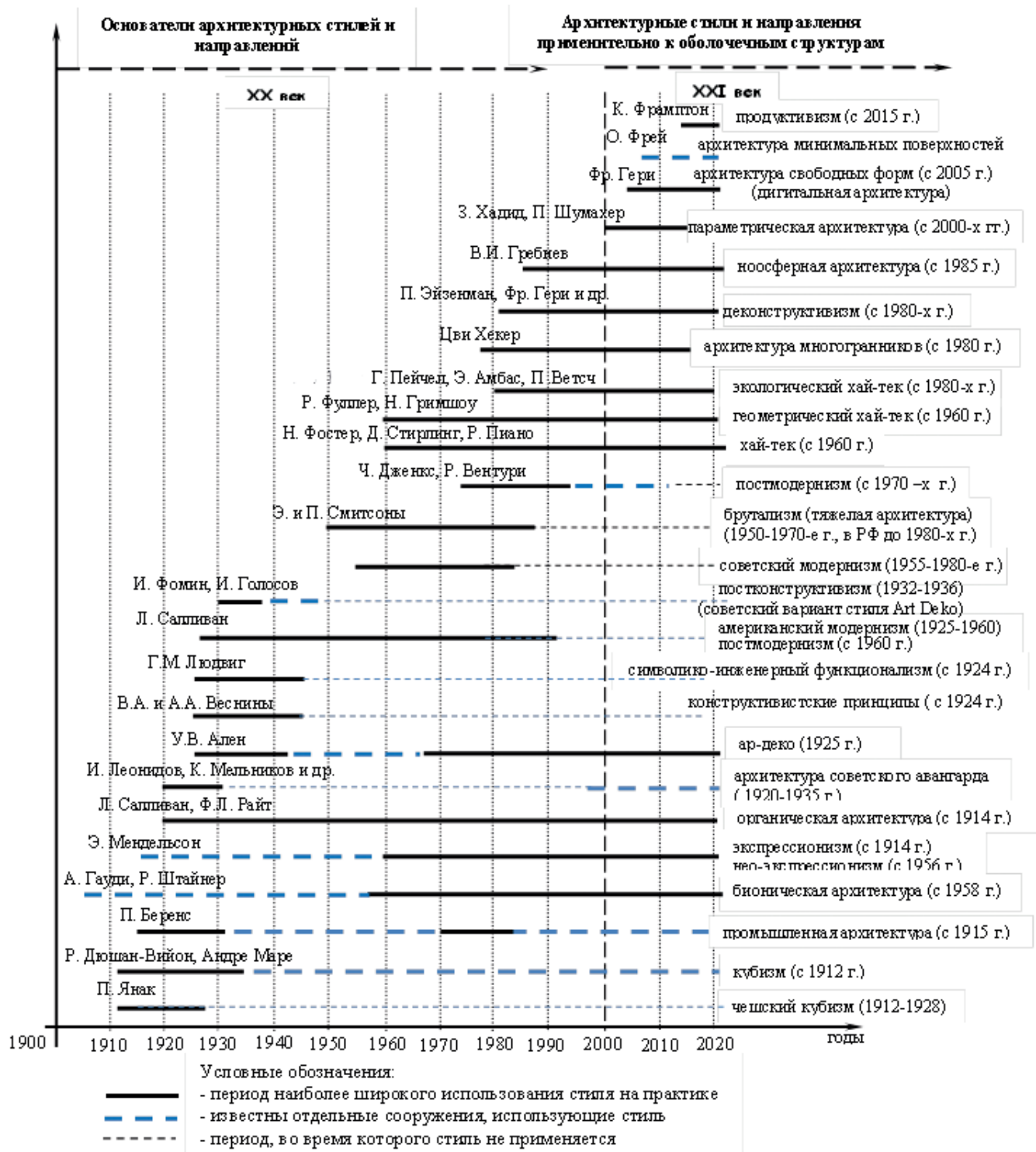
Рис. 20. «Стеклянная кора» – крупнейшая в мире светопрозрачная конструкция. Москва, парк «Зарядье». Фото Л.А. Алборовою.

архитектуру минимальных поверхностей (minimal surface architecture) [16]. Основателем этого направления считается О. Фрей (Otto Frei).

Идеи продуктивизма сформулированы К. Фремптоном (K. Frampton) [17]. С точки зрения продуктивизма, архитектур-

ным производением считается только элегантная инженерия – продукт промышленного дизайна. К. Фремптон полагает, что этот архитектурный стиль в наше время представлен архитекторами Н. Фостером (N. Foster), Р. Роджерсом (R. Rogers) и С. Пелли (César Pelli). Он считает, что конечный про-

Таблица 1. Хронология возникновения и развития архитектурных стилей и направлений применительно к оболочкам, оболочечным и многогранным структурам



дукт – сооружение – должен состоять из большеразмерных индустриальных блоков.

Выше рассмотрены практически все архитектурные стили, стилевые течения и направления, в рамках которых проектируются тонкостенные оболочки и оболочечные структуры. Некоторые объекты могут быть отнесены сразу к нескольким стилям или в одном объекте могут быть найдены элементы разных стилей. Все архитектурные стили и направления применительно к оболочкам, оболочечным и многогранным структурам, их основатели, годы возникновения и затухания стилей отражены в таблице 1.

Литература

1. Special structures. Past, present, and future / R. Bradshaw, D. Campbell, M. Gargari [et. al] // *Journal of Structural Engineering*. – June 2002. – P. 691–701. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:6(691).

2. Коротич, А.В. Инновационные решения архитектурных оболочек: альтернатива традиционному строительству / А.В. Коротич // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. – 2015. – № 4. – С. 70–75.

3. Филичева, Н.В. О геометрических формах и организации архитектурного пространства Ар Деко / Н.В. Филичева // *Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина*. – 2013. – № 4. – Том 2. – С. 255–262.

4. Ермоленко Е.В. Формы и построения в архитектуре советского авангарда и их интерпретация в современной зарубежной практике / Е.В. Ермоленко // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2020. – № 1. – С. 39–48. DOI 10.22337/2077-2020-1-39-48.

5. Хан-Магомедов, С.О. Архитектура советского авангарда. Книга 1. Проблемы формообразования. Мастера и течения / С.О. Хан-Магомедов. – М. : Стройиздат, 1996. – 710 с. ISBN 5-274-02045-3.

6. Архитектурная бионика / Лебедев Ю.С. (ред.). – М. : Стройиздат, 1990. – 269 с.

7. Pearson, D. *New Organic Architecture. The Breaking Wave* / D. Pearson. – University of California Press, 2001. – 223 p.

8. Курбатов, Ю.И. Архитектура в контексте среды / Ю.И. Курбатов // *Строительство и архитектура Ленинграда*. – 1977. – № 4. – С. 28–32.

9. Bykov, O. *Soviet Modernism. Brutalism. Post-Modernism Buildings and Structures in Ukraine 1955–1991* / O. Bykov, E. Gubkina. – DOM Publishers, 2019. – 250 p. ISBN 978-3-86922-706-1.

10. Mozhdemani, A.S. Using ecotech architecture as an effective tool for sustainability in construction industry / Azant Sadat Mozhdemani, Reza Afhani // *Engineering, Technology & Applied Science Research*. – 2017. – Vol. 7. – No. 5. – Pp. 1914–1917. DOI: <https://doi.org/10.48084/etasr.1230>.

11. Hecker, Z. The cube and the dodecahedron in my polyhedral architecture / Zvi Hecker // *Leonardo*. – 1980. – Vol. 13. – P. 272–275.

12. Кривошапко С.Н. Многогранники и квазимногогранники в архитектуре гражданских и промышленных сооружений / С.Н. Кривошапко // *Строительство и реконструкция*. – 2020. – № 4 (90). – С. 48–64. DOI: 10.33979/2073-7416-2020-90-4-48-64.

13. Лыткин К.А. Элементы ноосферной архитектуры / К.А. Лыткин // *Архитектура и строительство России*. – 2013. – № 1. – С. 30–39.

14. Мамиева И.А. Аналитические поверхности для параметрической архитектуры в современных зданиях и сооружениях / И.А. Мамиева // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2020. – № 1. – С. 150–165.

15. Shelden, D.R. Digital surface representation and the constructability of Gehry's architecture / Dennis Robert Shelden; Thesis (PhD). – Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Architecture, 2002. – 340 p. DOI: <http://hdl.handle.net/1721.1/16899>.

16. Алборова Л.А. Минимальные поверхности в строительстве и архитектуре / Л.А. Алборова // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. – 2021. – № 1. – С. 3–11. DOI: 10.21869/2311-1518-2021-33-1-3-11.

17. Giamarelos, S. Intersecting itineraries beyond the strada novissima: the converging authorship of critical regionalism / S. Giamarelos // *Architectural Histories*. – 2016. – 4 (1). – 11 p. DOI: <http://doi.org/10.5334/ah.192>.

References

1. Bradshaw R., Campbell D., Gargari M., Mirmiran A. and Tripeny P. Special structures. Past, present, and future. In: *Journal of Structural Engineering*, June 2002, pp. 691–701. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:6(691). (In Engl.)

2. Korotich A.V. Innovatsionnye resheniya arkhitekturnykh obolochek: al'ternativa traditsionnomu stroitel'stvu [Innovative solutions for architectural shells: an alternative to traditional construction]. In: *Akademicheskii Vestnik UralNIIproekt RAASN* [Academic Bulletin UralNIIproekt RAASN], 2015, no. 4pp. 70–75. (In Russ., abstr. in Engl.)

3. Filicheva N.V. O geometricheskikh formakh i organizatsii arkhitekturno-go prostranstva Ar Deko [On geometric forms and organization of the Art Deco architectural space]. In: *Vestnik LGU im. A.S. Pushkina* [Bulletin of the Leningrad State University named after A.S. Pushkin], 2013, no. 4, Vol. 2, pp. 255–262. (In Russ., abstr. in Engl.)

4. Ermolenko E.V. Formy i postroeniya v arkhitekture sovetskogo avangarda i ikh interpretatsiya v sovremennoy zarubezhnoy praktike [Forms and constructions in the architecture of the Soviet avant-garde and their interpretation in modern foreign practice]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2020, no. 1 pp. 39–48. DOI 10.22337/2077-2020-1-39-48. (In Russ., abstr. in Engl.)

5. Khan-Magomedov S.O. Arkhitektura sovetskogo avangarda. Kniga 1. Problemy formoobrazovaniya. Mastera i

techeniya [The architecture of the Soviet avant-garde. Book 1. Problems of shaping. Masters and currents]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1996, 710 p. ISBN 5-274-02045-3. (In Russ.)

6. Lebedev Yu.S. (ed). *Arkhitekturnaya bionika* [Architectural bionics]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1990, 269 s. (In Russ.)

7. Pearson D. *New Organic Architecture. The Breaking Wave*. University of California Press, 2001, 223 p. (In Engl.)

8. Kurbatov Yu.I. *Arkhitektura v kontekste sredy* [Architecture in the context of the environment]. In: *Stroitel'stvo i arkhitektura Leningrada* [Construction and architecture of Leningrad], 1977, no. 4, pp. 28–32. (In Russ.)

9. Bykov O., Gubkina E. *Soviet Modernism. Brutalism. Post-Modernism Buildings and Structures in Ukraine 1955–1991* [Soviet Modernism. Brutalism. Post-Modernism Buildings and Structures in Ukraine 1955–1991]. DOM Publishers, 2019, 250 p. ISBN 978-3-86922-706-1. (In Engl.)

10. Azant Sadat Mozhdemani, Reza Afhani. Using ecotech architecture as an effective tool for sustainability in construction industry. In: *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 2017, Vol. 7, no. 5, pp. 1914–1917 [https://doi.org/10.48084/etasr.1230]. (In Engl.)

11. Hecker Zvi. The cube and the dodecahedron in my polyhedral architecture. In: *Leonardo*, 1980, Vol. 13, pp. 272–275. (In Engl.)

12. Krivoshapko S.N. *Mnogogranniki i kvazimnogogranniki v arkhitekture grazhdanskikh i promyshlennykh sooruzhenii* [Polyhedra and quasi-polyhedra in the architecture of civil and industrial structures]. In: *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*

[Construction and Reconstruction], 2020, no. 4 (90), pp. 48–64. DOI: 10.33979/2073-7416-2020-90-4-48-64. (In Russ., abstr. in Engl.)

13. Lytkin K.A. *Elementy noosfernoi arkhitektury* [Elements of noospheric architecture]. In: *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and construction of Russia], 2013, no. 1, pp. 30–39. (In Russ., abstr. in Engl.)

14. Mamieva I.A. *Analiticheskie poverkhnosti dlya parametriceskoi arkhitektury v sovremennykh zdaniyakh i sooruzheniyakh* [Analytical surfaces for parametric architecture in modern buildings and structures]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2020, no. 1, pp. 150–165. (In Russ., abstr. in Engl.)

15. Sheldon Dennis Robert. *Digital surface representation and the constructability of Gehry's architecture*, Thesis (PhD). Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Architecture, 2002, 340 p. DOI: http://hdl.handle.net/1721.1/16899. (In Engl.)

16. Alborova L.A. *Minimal'nye poverkhnosti v stroitel'stve i arkhitekture* [Minimum surfaces in construction and architecture]. In: *Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: man, region, technology], 2021, no. 1, pp. 3–11. DOI: 10.21869/2311-1518-2021-33-1-3-11. (In Russ., abstr. in Engl.)

17. Giamarelos, S. *Intersecting itineraries beyond the strada novissima: the converging authorship of critical regionalism*. In: *Architectural Histories*, 2016, no. 4 (1), 11 p. DOI: http://doi.org/10.5334/ah.192. (In Engl.)

Кривошапко Сергей Николаевич (Москва). Доктор технических наук, профессор. Профессор-консультант Инженерной академии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. РУДН). Эл. почта: sn_krivoshapko@mail.ru.

Алборова Лана Анатольевна (Москва). Бакалавр строительства и технологии. Магистрант по направлению подготовки «Архитектура» Инженерной академии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. РУДН).

Мамиева Ираида Ахсарбеговна (Москва). Ведущий специалист Инженерной академии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. РУДН). Эл. почта: i_mamieva@mail.ru.

Krivoshapko Sergey N. (Moscow). Doctor of Technical Sciences, Professor. Professor-tutor at the Engineering Academy of the Peoples' Friendship University of Russia (6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198. RUDN University). E-mail: sn_krivoshapko@mail.ru

Alborova Lana A. (Moscow). Bachelor of Construction and Technology. Master's Student in Architecture at the Engineering Academy of the Peoples' Friendship University of Russia (6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198. RUDN University).

Mamieva Iraida A. (Moscow). Leading Specialist at the Engineering Academy of the Peoples' Friendship University of Russia (6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198. RUDN University). E-mail: i_mamieva@mail.ru.