

На правах рукописи  
УДК 721.011:624.074.5

Кандидат архитектуры  
**КОРОТИЧ**  
Андрей Владимирович

# **ФОРМИРОВАНИЕ СОСТАВНЫХ ЛИНЕЙЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК В АРХИТЕКТУРЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Специальность:  
18.00.02- «Архитектура зданий и сооружений.  
Творческие концепции архитектурной  
деятельности»



А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание  
ученой степени доктора архитектуры

**Москва - 2004**

**Работа выполнена в Уральской государственной  
архитектурно-художественной академии**

**Официальные оппоненты:**

**Доктор архитектуры, профессор Н. А. Сапрыкина**

**Доктор архитектуры, профессор Б. М. Мержанов**

**Доктор технических наук, профессор Ю. И. Блинов**

**Ведущая организация:**

**Центральный научно-исследовательский институт типового и  
экспериментального проектирования комплексов и зданий  
культуры, спорта и управления им. Б.С. Мезенцева  
(ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева)**

**Защита состоится « 15 » апреля 2004 г. в « 13 » час.  
на заседании диссертационного совета Д 212.124.01 при  
Московском архитектурном институте (МАрхИ) по адресу:  
107031, г. Москва, К-31, ул. Рождественка, 11.  
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
института.**

**Автореферат разослан « 10 » марта 2004 г.**

**Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат архитектуры, профессор**



**В. И. Орлов**

Актуальность темы.

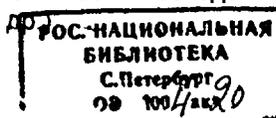
Расширение диапазона новых выразительных средств формообразования в архитектуре с целью улучшения художественно-эстетического облика застройки- одно из приоритетных направлений архитектурного творчества во все эпохи. Эстетически выразительная и технически целесообразная форма здания и сооружения- основной компонент формирования гармоничных архитектурных пространств, а также объект исследования и цель профессиональной деятельности многих выдающихся архитекторов и ученых.

Особую актуальность получает данное направление в настоящее время, когда стремительное развитие промышленных технологий и появление новых разнообразных строительных материалов позволяют реализовать архитектурные формы с недостижимым ранее художественно-эстетическим потенциалом при одновременном улучшении их технико-экономических характеристик.

Востребованность эстетически выразительных и технически эффективных архитектурных форм резко возрастает также в связи с появлением новых типов зданий и сооружений, вызванных к жизни развитием новых социально-экономических отношений в нашей стране (рынки, летние кафе, киоски, мобильные спортивные комплексы и жилье в осваиваемых районах газовых и нефтяных месторождений, укрытия экологически вредных производств, индивидуальные жилые дома- коттеджи, виллы, особняки; трансформируемые сооружения в зонах стихийных бедствий и др.).

Летопись мировой архитектуры составляют прежде всего уникальные здания и сооружения, сохраняемые веками и аккумулирующие колоссальный культурный и технический потенциал. Такие сооружения, находящиеся среди периодически изменяющейся окружающей рядовой застройки, несут множество символических значений, служат ориентирами в городской среде, выполняют роль композиционных акцентов в ансамблях, являются историческими памятниками. Данные обстоятельства обуславливают тщательный выбор варианта архитектурного решения при строительстве или реконструкции подобного объекта и выявляют необходимость использования нетрадиционных проектных и строительных средств.

Важная роль в решении указанных выше задач отводится современным составным линейчатым оболочкам (СЛО), сочетающим несомненные архитектурно-художественные достоинства (развитая конструктивная и декоративная пластика, выразительный силуэт, высокая структурно-компоновочная вариабельность) с технической эффективностью (малая масса и материалоемкость при значительных пролетах, высокая несущая способность и жесткость при малой толщине, значительная скорость и технологичность возведения, повышенные звуко- и звукопоглощающие свойства и др.).



Все это обуславливает постоянное расширение сферы использования СЛО в архитектуре гражданских и промышленных зданий и сооружений.

Проекты и постройки А. Гауди, Ле Корбюзье, П.Л. Нерви, К. Танге, Р. Саржера, С. Калатравы, Ф. Канделы, Э. Сааринена, О. Нимейера, Р.Б. Фуллера, Н. Фостера, выполненные с применением СЛО, являют великолепные примеры слияния воедино пластической выразительности и технологической обоснованности формы сооружения. При этом творчество в излюбленном классе форм составляет индивидуальный почерк каждого мастера.

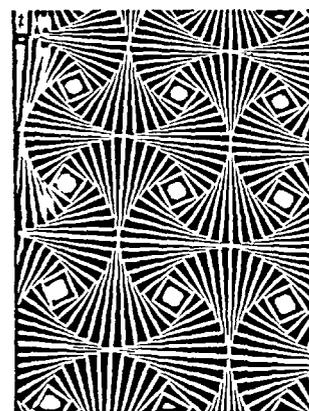
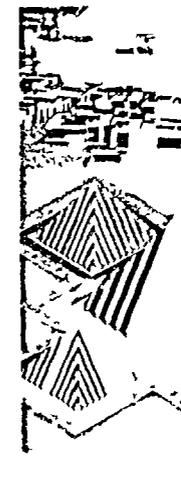
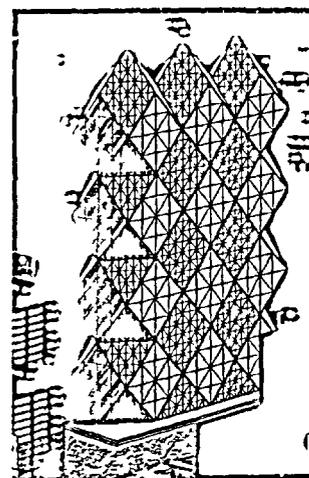
В настоящее время университеты, научно-исследовательские, проектные и производственные фирмы в России и за рубежом ведут целенаправленный поиск эффективных типов СЛО, отработывают технологии их получения из различных материалов. Регулярно устраиваются выставки с демонстрацией прогрессивных решений оболочек; проводятся международные симпозиумы I.A.S.S., посвященные проблемам формообразования и расчета тонкостенных пространственных покрытий, где намечаются перспективные пути их совершенствования и эффективного использования для различных типов зданий и сооружений.

Современный архитектор, сталкиваясь с гаммой разноплановых задач, должен обладать более широким арсеналом композиционных приемов, направленных на повышение эстетической выразительности и вариабельности возможных решений (многообразие поисковых вариантов форм оболочек создает предпосылки для выбора оптимального архитектурно-конструктивного решения сооружения).

Вместе с тем ряд факторов препятствует этому. Среди них: отсутствие единой системной теоретической основы моделирования СЛО в архитектуре на уровне структурно-компоновочной организации формы; недостаточная изученность принципов и способов пластического моделирования форм СЛО; слабая подготовка студентов-архитекторов в данной области; ограниченная номенклатура возводимых строительных оболочек, функциональные и художественно-эстетические качества которых трудно считать удовлетворительными.

Установка на экономические и функциональные приоритеты в архитектуре, довлеющая над многими поколениями российских архитекторов, а также недооценка компоновочных и эстетических аспектов формообразования обусловили однообразие и безликость застройки целых городов страны.

Данное исследование ориентировано на решение вышеуказанных теоретических проблем, а также на повышение эстетической выразительности важных компонентов градостроительной среды зданий и сооружений различного назначения, что и определяет его актуальность.



актуальность  
авторства  
1980 г.

### **Теоретическая база диссертации.**

Построение комплексной картины формирования СЛО в архитектурно-строительной практике обусловило изучение работ, принадлежащих к четырем направлениям.

К первой группе работ относятся специальные труды по композиционному формированию СЛО в архитектурно-строительной практике, а также общетеоретические работы по проблемам формообразования в архитектуре (работы Д.П. Айрапетова, А.В. Бокова, А.И. Волкова, И.Г. Гохарь-Хармандаряна, Н.Ф. Гуляницкого, Ф. Даукантаса, С.П. Завахирина, В.В. Зубкова, А.В. Иконникова, Г.Я. Клятиса, В.Ф. Колейчука, А.К. Купара, И.Г. Лажавы, Ю.С. Лебедева, Л.М. Лисенко, Т.Г. Маклаковой, Ю.А. Плаксиева, Н.А. Сапрыкиной, В.А. Сладкова, И.С. Суханова, А. А. Тица, В.М. Фирсанова, В.Л. Хаита, А.Д. Ярмоленко и др.), а также А. Колцвари, Р. Рича и Р.Б. Фуллера (США), З. Маковски, В. Седлака и А. Квормби (Великобритания), Г. Рюле, З. Лагерпуша, Ф. Отто, Д. Блюмеля, О. Бюттнера (ФРГ), К. Миуры (Япония), Р. Розмана (Югославия), Т. Конча (Швейцария), С. Петерсена (Дания), П. Хайберса (Голландия), А. Михаля (Румыния), Дю Шато (Франция), И. Фалькенберга (Норвегия) и др.

Вторую группу работ составляют труды по геометрическому моделированию и конструированию дискретных линейчатых оболочек (работы Ю.А. Ачкасова, Ю.И. Блинова, О.М. Вартаняна, В.Н. Гамаюнова, Ю.А. Дыховичного, Э.З. Жуковского, З.А. Казбек-Казиева, Н.В. Канчели, С.Н. Ковалева, Л.Н. Лубо, Б.А. Миронкова, В.Е. Михайленко, Г.Н. Павлова, А.Л. Подгорного, А.А. Попова, В.А. Савельева, К.А. Сазонова, В.Г. Темнова, В.И. Трофимова, А.Г. Трущева, М.С. Туполева, Г.К. Хайдукова, В.Ф. Шабли, А.В. Шапиро, В.В. Шугаева и др.), а также М. Косила (ФРГ), П. Фростика (Австралия), С. Паскале (Италия) и др.

Третью группу работ составляют фундаментальные труды по теории симметрии и кристаллографии, дающие обширный базовый материал по формированию исходных плоских и сферических сетевых разбинок, а также многогранников (работы Р.В. Галиулина, Б.Н. Делоне, Е.С. Федорова, П.Л. Чебышева, М.И. Штогринина, А.В. Шубникова и др.), а также Ф. Лавеса, Б. Грюнбаума и Дж. Шепарда (США), Д. Темешвари (Венгрия) и др.

К четвертой группе работ относятся патентные материалы разных стран, раскрывающие новые способы формирования переменных оболочек для различных типов зданий и сооружений. Патентный поиск проводился регулярно в течение 15 лет по странам: Австралия, Австрия, Аргентина, Бельгия, Великобритания, Германия, Дания, Италия, Канада, Россия, США, Финляндия, Франция, Чехословакия, Швейцария, Швеция, Япония.

Также изучались индивидуальные проекты, выполненные ведущими архитекторами-практиками России (работы Ю.П. Гнедовского,

А.В. Бокова, Р.Г. Кананина, М.В. и М.М. Посохиных, Д.С. Солопова, СБ. Сперанского, В.В. Степанова, Б.И. Тхора, В.И. Хавина и др.), материалы открытых конкурсов, выставок, проспекты и каталоги производственных и архитектурно-строительных фирм.

Анализ перечисленных выше работ показал, что они отражают комплекс разноплановых научных направлений, не дающих целостной картины формирования СЛО в архитектуре зданий и сооружений.

#### Объект исследования.

В работе исследуются архитектурные формы составных линейчатых оболочек (СЛО) с регулярной многогранной структурой, являющихся основными композиционными элементами экстерьеров и интерьеров зданий и сооружений гражданского, промышленного и сельскохозяйственного назначения.

При этом понятие «оболочка» определяет весь комплекс несущих и ограждающих систем, формирующих лицевые поверхности экстерьера и интерьера здания, конструктивная толщина которых несоизмерима с его основными габаритами.

#### Границы исследования.

Исследование форм СЛО ограничено рассмотрением класса складчатых систем из линейчатых элементов (плоскогранных, цилиндрических, конических, гиперболических, коноидальных, геликоидальных), класса многогранников (правильные, полуправильные, звездчатые, антипризмы, антипирамиды), класса решетчатых систем из пересекающихся пластин или стержней, а также комбинированных (пластинчато-стержневых) систем.

В работе не исследуются гибкие оболочки (тентовые, вантовые, вантово-стержневые, мембранные и пневматические), имеющие принципиально иные механизмы формообразования.

На стадии выявления общей картины формирования оболочек, их комплексной систематизации по существенным характеристикам, а также обозначения основных тенденций их развития в диссертации рассматриваются некоторые типы составных архитектурных форм из нелинейчатых элементов.

Терминология. Базовые понятия и специальные термины пояснены в конце автореферата.

Цель диссертации- расширение диапазона пластических средств композиционного моделирования составных линейчатых оболочек в архитектуре зданий и сооружений, а также создание на этой основе новых типов эстетически выразительных и эффективных архитектурных форм СЛО с широким спектром использования.

#### Цель достигается решением следующих задач:

-определить тенденции исторического развития архитектурных форм СЛО;

-определить принципиальные способы теоретического и физического моделирования форм составных линейчатых оболочек, разрабатываемые отечественными и зарубежными научными школами;

-установить основные научные закономерности и разработать новые принципы структурно-компоновочной организации архитектурных форм составных линейчатых оболочек;

-разработать новые способы пластического моделирования архитектурных форм СЛО, расширяющие арсенал современных выразительных средств и открывающие новые композиционные возможности архитектурного проектирования зданий и сооружений;

-создать новые эффективные и эстетически выразительные архитектурные формы СЛО с широким спектром использования для интерьеров и экстерьеров различных типов зданий и сооружений;

-выявить новые области эффективного использования полученных оболочек в архитектуре.

#### Методика исследования.

В процессе реализации поставленных задач, а также для получения численных результатов и оптимизации полученных оболочек по различным параметрам использованы:

-Системно-структурный анализ- при определении путей и тенденций исторического развития архитектурных форм СЛО; при комплексной систематизации оболочек, а также основных способов их моделирования; при определении основных принципов формообразования СЛО в архитектуре зданий и сооружений;

-Фундаментальные принципы теории симметрии и кристаллографии- при моделировании фрактальных складчатых систем, а также новых типов изоздральных сферических разбиений; при модульной компоновке форм и создании каркасов разнообразных составных оболочек; при моделировании разверток новых типов оболочек, трансформируемых из плоскости;

-Компьютерные расчеты площади дискретных линейчатых поверхностей- при определении оптимальных по материалоемкости патентоспособных вариантов форм большепролетных оболочек;

-Компьютерная графика- при построении виртуальных моделей проектируемых архитектурных объектов в градостроительной среде;

-Принципы геометрической теории проекций- при определении возможности заполнения ячеистых каркасов СЛО четырехугольными отсеками гиперболического параболоида с прямыми кромками;

-Принципы архитектурной акустики- при переменном моделировании складчатых звукорассеивающих оболочек подвесных потолков в зальных помещениях общественных зданий;

-Испытание образцов в аэродинамической трубе- при моделировании форм оболочек, обладающих повышенной аэродинамической обтекаемостью;

-Макетирование- при проверке научных гипотез и создании концептуальных проектных решений;

-Технологическая апробация- при опытном и серийном производстве, а также испытании промышленных образцов в заводских условиях.

Традиционно (и ошибочно) понятие «оболочка» в архитектуре и строительстве сужается до «покрытия». Чрезвычайно важным и новым методическим аспектом работы является использование предложенных способов и разработанных форм многогранных оболочек для моделирования элементов сооружений, которые не являются «покрытиями» и традиционно не относятся к «оболочкам» (например, навесных ограждающих систем зданий, подвесных потолков, тонколистовых кровельных панелей, опорных элементов и др.), что значительно расширяет границы использования новых форм СЛО в архитектуре и повышает практическую ценность работы.

#### **На защиту выносятся:**

-принципы и тенденции формирования СЛО в архитектурно-строительной практике; -выявленные структурно-компоновочные закономерности и новые способы пластического моделирования архитектурных форм СЛО с широким спектром использования; -концептуальные архитектурные решения по композиционному использованию разработанных автором форм СЛО в экстерьерах и интерьерах различных типов зданий и сооружений.

#### **Научная новизна работы:**

1. Впервые выявлены основные особенности и последовательность развития форм каркасных и бескаркасных составных оболочек в архитектуре различных эпох. Установлено своеобразие тенденций развития форм СЛО в современный период.

2. Впервые определены принципиальные способы теоретического и физического моделирования форм СЛО, развиваемые отечественными и зарубежными научными школами.

3. Установлены основные закономерности и последовательность структурно-компоновочной организации архитектурных форм СЛО. На основе данных закономерностей разработана новая комплексная теоретическая модель формообразования составных линейчатых оболочек. Выявлены и обобщены возможные операции преобразования исходных плоских и пространственных сетей, применяемые в различных сочетаниях и последовательности для получения разнообразных дискретных каркасов архитектурных форм СЛО (в том числе с равными сетевыми ячейками).

4. На данной теоретической основе разработаны новые способы пластического моделирования архитектурных форм СЛО, позволяющие получать широкий спектр принципиальных объемных решений

оболочек («композиционных матриц») на основе унифицированных элементов, имеющих различное очертание плана и силуэт (в том числе аппроксимирующих поверхности зонтичного, гиперболического, винтообразного и веерообразного очертания).

5. С использованием разработанных способов получены новые типы сетевых разбивок плоскости и сферы, а также переменные складчатые, перекрестно-ребристые и комбинированные системы плоскостного, сводчатого, куполообразного и сложного очертания, обладающие иными эстетическими и компоновочными свойствами, чем известные ранее.

6. Раскрыты композиционные возможности в архитектуре полученных автором новых типов составных линейчатых оболочек, обладающих минимальной материалоемкостью.

Разработанные научные основы формирования объемно-пространственной структуры СЛО позволяют считать, что настоящая работа раскрывает новые композиционные возможности структуралистского направления архитектурного формообразования, исследующего преобразования исходных сетевых разбиений и регулярных дискретных поверхностей для получения разнообразных форм оболочек.

#### Практическое значение полученных результатов.

Разработанные автором способы компоновочной организации форм СЛО позволяют расширить границы возможных архитектурно-конструктивных решений покрытий зданий и сооружений гражданского, промышленного и сельскохозяйственного назначения.

Предложенные композиционные варианты форм СЛО повышают эстетический уровень застройки, придают архитектурным пространствам новое образное звучание, динамичность и выразительность за счет использования вскрытых автором новых пластических возможностей формообразования складчатых и ребристых оболочек, особенностей построения их силуэта, а также выявления эффектной светотеневой картины поверхностей, что способствует формированию качественно новой архитектурной среды.

Разработанная автором система модульных элементов оболочек с возможностью их многовариантной компоновки способствует формированию спектра различных по пластике новых композиционных решений зданий и сооружений на одной и той же структурной основе.

Разработанный автором комплекс «композиционных матриц» - новых принципиальных объемных решений СЛО с возможностью их последующей корректировки и адаптации к конкретной градостроительной ситуации - расширяет набор пластических средств архитектурного проектирования, а также повышает переменность возможных архитектурных решений зданий и сооружений различного назначения. Все это позволяет обозначить возможные пути повышения пластической выразительности современной архитектуры, а также

стимулировать интерес российских архитекторов к проблемам формообразования и придать творческий импульс научным исследованиям в данной области.

Выявленные закономерности преобразования плоских и пространственных сетей, а также построения на этой основе разнообразных по пластике форм СЛО создают возможности широкого использования компьютерных средств при решении композиционных задач и служат основой для точного расчета параметров различных типов СЛО, позволяют на 16...25% экономить строительные материалы, облегчить транспортировку сооружений к местам строительства в отдаленных районах страны, способствуют широкому внедрению промышленных методов возведения зданий и повышению качества строительства.

Разработанные способы пластического моделирования переменных форм СЛО из различных материалов обогащают палитру выразительных средств архитектора-проектировщика и способствуют широкому использованию оболочек в учебном процессе отечественных и зарубежных архитектурных вузов.

Изложенные выше положения позволяют считать, что данное исследование решает научную проблему, имеющую важное социально-культурное и народнохозяйственное значение (улучшение эстетического облика застройки, а также разработка и внедрение новых типов эстетически выразительных и эффективных архитектурно-конструктивных систем с широким диапазоном использования в практику проектирования и строительства гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений).

#### **Апробация и внедрение результатов работы.**

Основные положения диссертации опубликованы в 150 работах и доложены на симпозиуме «EASA-92» (г. Ургуп, Турция, 1992), на совещаниях по архитектурной бионике (ЦНИИТИА, г. Москва, 1986-1987), на научных конференциях УралАРХИ (г. Екатеринбург, 1986-1989), на Международной научной конференции «Архитектура и рынок» (г. Екатеринбург, УралГАХА, 1996), на научном семинаре «Несущие системы машин» (г. Свердловск, 1986).

Архитектурно-конструктивные разработки автора демонстрировались в научно-исследовательских центрах и вузах- Техническом университете (г. Грац, Австрия, 1996), Чалмерском Технологическом Университете (г. Гетеборг, Швеция, 1996), Центре Искусств (г. Ла Турде-Пальц, Швейцария, 1994), Университете Мимара Синана (г. Стамбул, Турция, 1996), Академии строительства (г.Штутгарт, Германия, 1996), Университете Open (г. Милтон, Великобритания, 1996), Университете шт. Queensland (г. Брисбэн, Австралия, 1996); в архитектурно-строительных фирмах- «Canobbio S.p.A.» (г. Милан, Италия, 1994), «Wolf-System G.m.b.H.» (г. Шарнштайн, Австрия, 1991), «GlasTrosch»

(г. Бюцберг, Швейцария, 2002); на Международной выставке «Мир стекла - 2002» (Экспоцентр, г. Москва); в правительственных учреждениях - Ватикана (Италия, 1998), Непала (г. Катманду, 1998), Туркменинии (г. Ашхабад, 2002) и др. (получены отзывы ведущих специалистов и государственных деятелей).

Архитектурные разработки автора реализованы в ряде проектов и возведенных объектов, выполненных для России и зарубежных стран (приложены акты о выполненных проектных работах).

В рамках обозначенного научного направления автором создано около 500 новых архитектурных форм составных линейчатых оболочек. В настоящее время 106 из них защищены охранными документами (авторскими свидетельствами на изобретения, а также патентами и свидетельствами на промышленные образцы); по остальным решениям оболочек проводятся комплексные исследования (вариантное моделирование, сопоставление с аналогами, проверка на новизну, стендовые испытания).

Автор участвовал в разработке и промышленном освоении нового способа изготовления тонколистовых рельефов из алюминия и стали, дающей широкий спектр новых форм в архитектуре (модульные элементы черепичной кровли, лицевые панели подвесных потолков), используемых в объектах гражданского и промышленного строительства России. Данные архитектурные и технологические разработки, защищенные пакетом авторских свидетельств на изобретения и промышленные образцы, освоены производственными предприятиями Свердловской области (приложены акты о внедрении в опытное и серийное производство).

За разработку новых эффективных архитектурно-конструктивных решений составных линейчатых оболочек автор удостоен званий «Лауреат премии ВОИР» (1987г.) и «Заслуженный изобретатель Российской Федерации» (1994г.).

Отдельные материалы и разработки автора, включенные в диссертацию, использованы: - в учебном пособии для студентов архитектурных вузов (Трущев А. Г. «Формообразование и конструирование пространственных покрытий зданий в архитектурном проектировании» /Учеб. пособие- М.: Изд. МАрХИ, 1987. - 84 с, ил.), - в учебнике (Архитектурные конструкции /Казбек-Казиев З. А., Беспалов В. В., Дыховичный Ю. А. и др.; Под ред. Казбек-Казиева З. А.: Учебник для вузов по специальности «Архитектура».- М.: Высшая школа, 1989. - 342 с, ил.), - в проектных дисциплинах вузов России: УралГАХА, УГТУ-УПИ и МАрХИ (приложены акты о внедрении в учебный процесс).

#### Личное участие автора.

Автору принадлежит основная научная идея работы, обоснование выбора объекта исследования, разработка всех ключевых теоретических положений, постановка и проведение экспериментов по мо-

делированию новых форм СЛО, обобщение полученных результатов. В большинстве опубликованных работ и разработанных проектных предложений диссертант является либо единственным, либо ведущим автором.

### **Объем и структура работы.**

Диссертация состоит из текстовой части (том I на 257 страницах: введение, три главы, заключение, список использованной литературы из 573 наименований) и приложения (том II на 225 страницах: 211 иллюстративных и расчетных таблиц). Общий объем- 482 страницы.

Во введении раскрываются актуальность темы, цель и задачи диссертации, определяется объект исследования, освещаются научная новизна работы и практическая ценность полученных результатов.

Глава 1 «Развитие архитектурных Форм составных линейчатых оболочек» посвящена анализу исторического развития форм СЛО в архитектуре различных эпох. Исследуются два взаимопроникающих направления формирования СЛО- каркасные и бескаркасные архитектурно-конструктивные системы. Анализируется развитие приемов конструктивной и декоративной пластики на примерах известных зданий и сооружений. Выявляются основные тенденции развития архитектурных форм СЛО, показывается их возрастающая роль в мировом зодчестве.

В Главе 2 «Структурно-компоновочная организация Форм составных линейчатых оболочек» систематизированы способы теоретического и физического моделирования форм каркасных и бескаркасных СЛО, развиваемые отечественными и зарубежными научными школами, а также исследованы общие структурно-компоновочные закономерности построения архитектурных форм СЛО в классах складчатых, решетчатых и комбинированных систем. На основе выявленных закономерностей предложена комплексная теоретическая модель компоновочной организации форм СЛО. На данной теоретической основе разработан ряд конкретных способов пластического моделирования новых архитектурных форм СЛО путем преобразования исходных сетей и регулярных дискретных поверхностей.

В Главе 3 «Перспективы использования составных линейчатых оболочек в архитектурно-строительной практике» раскрываются некоторые композиционно и функционально значимые качества разработанных форм СЛО, обусловленные особенностями их геометрического построения, определяющие их эффективность и перспективность использования в экстерьерах и интерьерах различных типов зданий и сооружений. Даны примеры реализации разработанных способов (приведены компоновочные схемы оболочек различного очертания в плане, с различным рисунком сетевых разбивок, силуэтным очерком,

контурными линиями и пр.). В заключительной части главы показаны композиционные возможности применения новых форм оболочек в экстерьерах и интерьерах • различных типов зданий и сооружений (приведены концептуальные проектные предложения).

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Важнейшими исходными пунктами становления и развития современных форм СЛО явились стоечно-балочная система, а также система «ложных» сводов и куполов (безраспорных конструкций, возводимых путем напуска каменных плит и получивших развитие в этрусско-архаический период: VIII - V вв. до н.э.).

Первым значительным этапом развития оболочек явилось преобразование данных систем в массивные арочно-сводчатые и купольные покрытия малых пролетов.

Развитие строительной техники и необходимость возведения значительных по величине сооружений обусловили появление распорных бескаркасных конструкций сводчатой и купольной формы, где толщина покрытия уменьшалась от основания к вершине, а декор практически не применялся (сводчатые покрытия дворцов в Ктесифоне и Фирузабаде).

Одновременно развивалась ветвь каркасных покрытий, позволяющих повысить надежность работы и долговечность конструкции, а также значительно увеличить перекрываемый пролет. Римская бетонная техника открыла новые возможности для развития сводчатых и купольных покрытий; причем особенностью бетонных крестовых и сомкнутых сводов (базовых конструктивных форм в римской архитектуре) явилось армирование их кирпичными каркасами, а также членение внутренней поверхности покрытий кессонами различной формы и глубины (Пантеон, термы Каракаллы).

Римская кружальная технология возведения сводов, упрощающая процесс строительства и позволяющая стабилизировать основные геометрические параметры сооружения, обусловила возникновение такого важного качества оболочки, как «линейчатость», присущего составным отсекам возводимого покрытия.

В архитектуре Византии базовой конструктивной формой стал парусный свод, получивший воплощение в грандиозных купольных базиликах, где впервые в истории архитектуры появились ступенчатые композиции из сферических сегментов, образующие не только рациональную конструктивную систему, но и значительно расширяющие внутреннее пространство (собор Св.Софии в Константинополе). Дальнейшее развитие парусного свода (купол на барабане) было обусловлено необходимостью освещения подкупольного пространства.

Эпоха готики дала новую базовую конструктивную форму- стрель-

чатый нервюрный свод. Данная форма без декора присутствовала в постройках ранней готики; при этом основным элементом готического каркаса являлись ребра сводов- нервюры (арочные каменные гурты, накрест перекрывающие каждую отдельную ячейку нефа- травею). При выделении и усилении ребер-нервюр, создающих жесткие границы каждой травеи, оказалось возможным значительно уменьшить толщину межреберных заполнений (распалубок); в результате произошло снижение материалоемкости и веса готических покрытий. После изобретения и технологического освоения новой базовой конструктивной формы происходила ее интенсивная декоративно-художественная разработка по следующим направлениям: усложнение поперечного профиля нервюр; разнообразие очертания нервюрных каркасов и пластики распалубок (появление пяти- и шестичастных сводов, а также звездчатых, сотовых, веерных, крученых сводчатых покрытий). Период поздней готики характерен пластическим перенасыщением базовой конструктивной формы и постепенным вытеснением ее из строительной практики.

В эпоху Ренессанса получили развитие такие формы сводов как лотковый и зеркальный, открывшие широкие возможности для живописи на внутренних оштукатуренных поверхностях- плоском фоне и распалубках.

Купола из направленных по хордам пересекающихся арок (древние армянские храмы и церкви эпохи барокко), крещатый свод в древнерусской архитектуре, стрельчатые купола на цилиндрических барабанах (мавзолеи и мечети Средней Азии, и среди них ребристый купол Гур-Эмир- прообраз современных волнистых оболочек)- важнейшие вехи развития базовых конструктивных форм пространственных покрытий.

Автором установлено, что первоначально развитие архитектурных форм покрытий осуществлялось по следующей схеме: 1-й этап- изобретение и технологическое освоение новой базовой конструктивной формы (различные объемные модификации, планировочные схемы, очерковые кривые); 2-й этап- декоративно-художественная разработка базовой конструктивной формы (использование различных приемов фактурной, живописной и пластической обработки поверхностей покрытий).

На начальных этапах формирования пространственных покрытий параллельно развивались следующие их базовые конструктивные формы: цилиндрические, крестовые, сомкнутые, зеркальные своды с циркульными, параболическими, стрельчатыми или коробовыми дугами, а также гладкие и радиально-ребристые купола с циркульным или стрельчатым очерком-силуэтом. Не отличались разнообразием и опорные элементы покрытий.

Выявлено, что современный этап развития архитектурных форм

оболочек вносит коррективы в вышеуказанную схему. Существует множество базовых конструктивных форм оболочек, развивающихся параллельно; при этом результирующие архитектурные сооружения характеризуются иным соотношением конструктивной и декоративной пластики: основной упор делается на техническую эффективность архитектурно-конструктивных решений (снижение материалоемкости и веса при увеличении перекрываемого пролета), что обуславливает образование развитой конструктивной пластики покрытий (волнообразное, ребристое, складчатое поперечное сечение оболочек), обеспечивающей их жесткость и устойчивость; при этом декоративно-пластические приемы практически не используются (за исключением выявления естественной фактуры и цвета материала оболочки). Вместе с тем значительное развитие получают опорные элементы оболочек (выполняемые наклонными, V-образными, X-образными, ветвистыми, складчатыми, гиперболическими), которые, являясь эффективными конструктивными компонентами несущей системы, также получают роль самостоятельных, композиционно значимых элементов сооружения. Существенно расширилась область применения оболочек в архитектуре: первоначально используемые лишь как «покрытия», оболочки стали применяться в качестве несущих элементов башенных градирен и водонапорных башен, стеновых ограждений, тонкостенных звуко рассеивающих навесных и подвесных элементов в интерьерах и др.

На основе исторического анализа формообразования оболочек автором определена общая схема развития их базовых конструктивных форм: от стоечно-балочной системы и «ложного свода»- к оболочкам двух взаимопроникающих направлений (рис.1): А. Бескаркасные системы (гладкие; волнистые на основе поверхностей вращения и переноса; складчатые дискретные плоскогранные; складчатые из отсеков цилиндрических и конических поверхностей; складчатые из отсеков поверхностей отрицательной гауссовой кривизны; складчатые из отсеков минимальных поверхностей); Б. Каркасные системы (с каркасом в виде сплошных ребер; с одно- или двухпоясным решетчатым каркасом в виде параллельных или пересекающихся ферм, арок, стержней; пластинчато-стержневые).

Следовательно, весь сложный процесс развития архитектурных форм СЛО можно представить в виде многозвенной разветвленной цепи, составленной из последовательно соединенных и взаимодействующих элементов- разнообразных базовых конструктивных форм оболочек с соответствующими средствами их декоративно-художественной разработки.

Автором предложена комплексная классификация архитектурно-строительных оболочек по взаимно пересекающимся существенным характеристикам:

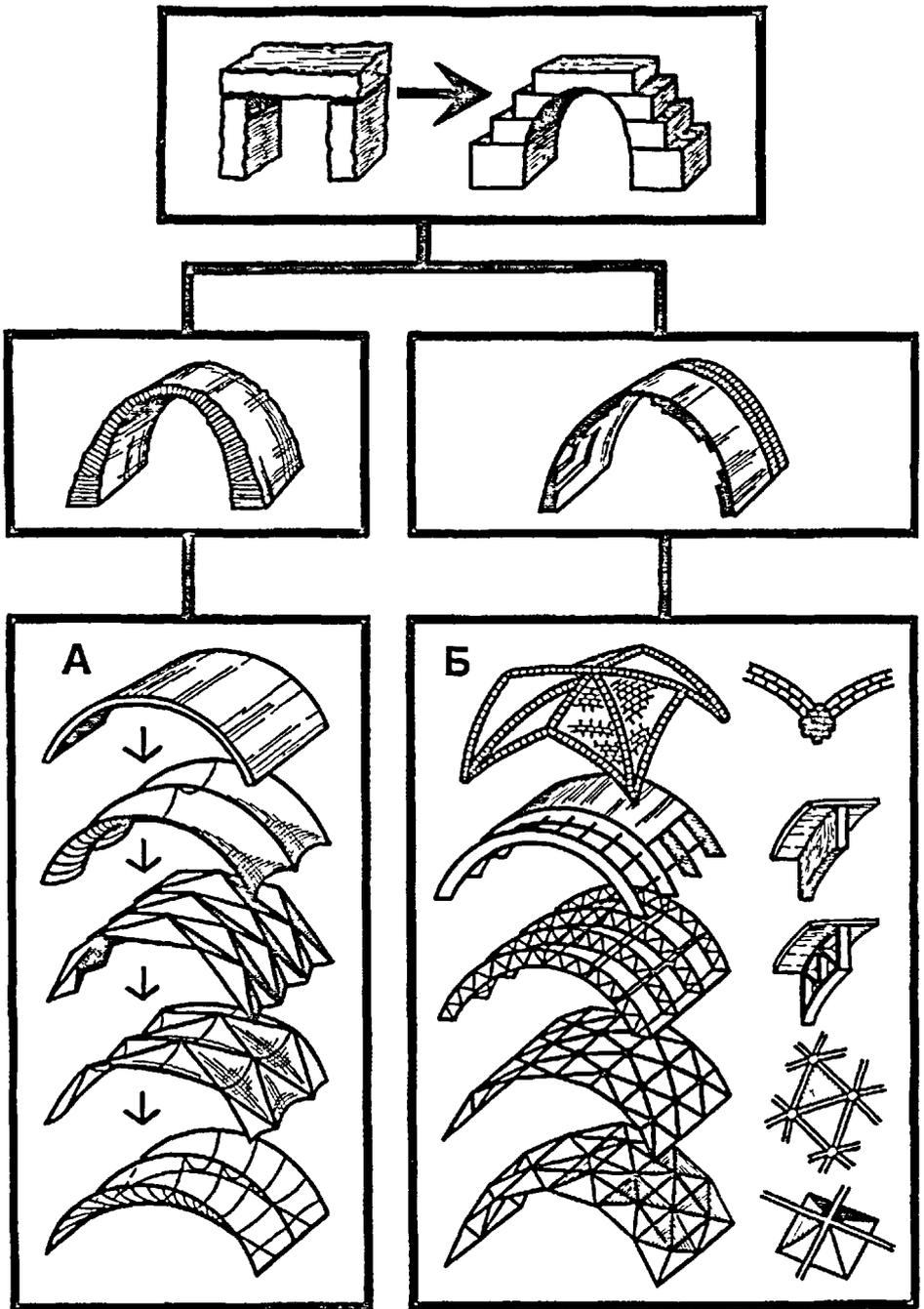


РИС. 1

I. По общему очертанию аппроксимирующей поверхности: плоскостные; сводчатые; куполообразные; шатровые; сложные (гиперболические, геликоидальные, многозвенные и др.);

II. По структуре поверхности: 1. Непрерывные (сплошные); перфорированные и решетчатые; комбинированные. 2. Одноэлементные; составные многоэлементные гладкие; составные многогранные негладкие.

III. По геометрии составляющих элементов-отсеков: 1. Линейчатые (плоскогранные, цилиндрические, конические, гиперболические, коноидальные, геликоидальные, торсовые и др.). 2. Нелинейчатые, (сферические, тороидальные, эллипсоидальные, катеноидальные и др.).

IV. По применяемым материалам: 1. Гибкие (тентовые, вантовые, пневматические, мембранные, вантово-стержневые). 2. Жесткие.

V. По конструктивному исполнению: 1. Сборно-разборные; стационарные; трансформируемые. 2. Каркасные; бескаркасные.

VI. По назначению: 1. Покрýтия. 2. Несущие элементы каркаса (опоры; балки; арки; стены; основания; фундаменты и т.п.). 3. Навесные и облицовочные элементы (акустические потолки и стены; ограждающие, рассеивающие и поглощающие экраны; стеклянные фасады; козырьки и навесы входных групп; слоистые плиты «сэндвич»; решетчатые и складчатые витражи; ограждающие стеновые панели; отделочные и кровельные тонколистовые панели и т.п.).

При этом основная композиционная цель использования СЛО-создание эстетичной, выразительной, динамичной и привлекательной формы сооружения- достигается за счет: -избыточности и сложности визуального образа оболочки; -ярко выраженного эффекта новизны; -разнохарактерности восприятия объекта с различных ракурсов; -устранения эффекта монотонности (негативных гомогенных полей).

Выявлены композиционные принципы построения форм СЛО:

1. Регулярность (геометрическая упорядоченность структуры, обуславливающая визуальное прочтение основных ритмических и симметрических закономерностей организации формы оболочки).

2. Тектоническое подразделение формы оболочки на «элементы каркаса» (основные и дополнительные) и «элементы заполнения межкаркасных ячеек».

3. Фрактальное построение структуры оболочек (сочетание родственных разномасштабных элементов друг с другом по определенной визуально воспринимаемой закономерности).

4. Цельность и простота общей формы оболочки в контрасте с дробностью (фактурностью) ее поверхности.

5. Веерообразное (винтообразное) расположение составляющих элементов оболочки.

6. Варьируемая светотеневая организация формы оболочки (из-

меняемость визуальных характеристик формы путем использования различных схем и направлений освещения).

7. Варьируемая форма оболочки (изменяемость визуального образа и конструктивных качеств формы в результате ее кинематической или компоновочной трансформации).

8. Каркасная (решетчатая) интерпретация сплошных оболочек.

9. Использование комплекса средств декоративно-художественной разработки базовой конструктивной формы оболочки (пластических, колористических, графических).

10. Характерный и динамичный силуэт.

11. Контраст фактур («гладкое- члененное») и материалов («зеркальное- матовое», «прозрачное- непрозрачное» и др.).

Систематизированы способы теоретического и физического моделирования форм каркасных и бескаркасных СЛО, развиваемые отечественными и зарубежными научными школами, а также исследованы общие структурно-компоновочные закономерности построения архитектурных форм СЛО в классах складчатых, решетчатых и комбинированных систем.

Трансформация плоскости по линиям сгиба исходной развертки позволяет моделировать переменные складчатые поверхности из плоских, цилиндрических и конических отсеков. Результирующие оболочки имеют разнообразный силуэт, форму плана, выразительную пластику рельефа и чрезвычайно широкий спектр применения (от монолитных, сборно-разборных и трансформируемых сооружений до акустических плит подвесных потолков и кровельных панелей).

Моделирование складчатых и решетчатых оболочек на основе природных аналогов позволяет получать разнообразные жесткие и трансформируемые системы, обладающие своеобразными образными характеристиками, а также высокой степенью сборности, минимальным числом типоразмеров модульных элементов при многообразии форм результирующих оболочек.

Статическое моделирование форм оболочек широко применяется в современной архитектурно-строительной практике. Так в ряде сооружений схема распределения усилий в плите кессонного покрытия определяет очертания ребер плиты по линиям наибольших изгибающих моментов. Представляют значительный интерес оболочки-турбосомы, форма которых определена схемой наилучшего обтекания воздушным потоком. Такие покрытия испытывают минимальные напряжения при значительных ветровых нагрузках и не подвержены снеготаносам. Перекрестно-ребристые системы, конструктивные элементы которых расположены в соответствии со схемой статической работы, могут образовывать выразительную решетчатую форму сооружения.

Деформационное моделирование оболочек производится путем

растягивания, изгибания или складывания исходных объектов-прототипов. Пластическая деформация исходных гладких трубчатых поверхностей (образование складок из треугольных и трапециевидных пластин при нагружении стенок исходной тонкостенной трубчатой оболочки и потере ими устойчивости) позволяет образовывать широкий спектр форм складчатых оболочек, аппроксимирующих цилиндрические поверхности с различным очертанием дуги (циркульным, улиткообразным, волнообразным, эллиптическим) в зависимости от величины и очертания складок, размещенных по дуге оболочки. Значительное развитие получило гравитационное формование сетчатых оболочек, когда покрытие моделируется сетью свободно провисающих нитей и после отверждения состава, наносимого на них, переворачивается и устанавливается в проектное положение. Вместе с тем гравитационное формование может осуществляться путем подъема центральной части плоской сети и после провисания краевых участков под действием силы тяжести- жесткой фиксации опорных участков в плоскости основания.

Аппроксимация гладких поверхностей гранными и наоборот, а также паркетирование поверхностей исходных гладких оболочек применяется при моделировании разнообразных складчатых и решетчатых форм, а также многогранных дискретных поверхностей на основе геодезических разбиений сферы, цилиндра и конуса. Заполнение ячеек геодезических разбиений исходных оболочек производится в различных вариантах (пирамидальные отсеки, складчатые элементы, линейчатые оболочки отрицательной гауссовой кривизны и др.). Интересны работы по паркетированию гладких гиперболических оболочек четырех-, шести- и восьмиугольными элементами. Получили широкое распространение приемы складчатой и решетчатой аппроксимации исходных оболочек-гипаров: аппроксимация поверхности гладкой оболочки двухслойным профилированным настилом (слои ориентированы по образующим двух семейств), плоскогранными непризматическими складками, ориентированными по образующим одного семейства; плитами с сотовыми заполнителями; двухпоясными решетчатыми системами; изогнутой по кольцу исходной непризматической складкой; пластинами, изогнутыми по дугам противоположной кривизны.

Отсечение фрагментов исходных оболочек с последующей варибельной компоновкой отсеков в пространственные составные системы широко используется при моделировании волнистых покрытий зонтичного, веерообразного, сводчатого и купольного очертаний. Первая разновидность данного способа- одноприемная или двухприемная компоновка объемных элементов в составные оболочки по намеченной сетке линий на поверхности-заготовке. В первом случае используется элементарный отсек какой-либо линейчатой поверхно-

сти, из которого непосредственно компонуется оболочка; во втором случае элементарные отсеки предварительно объединяют в объемные блоки. Вторая важная разновидность способа - сквозное самопересечение пространственных элементов оболочки при их продолжении навстречу друг другу (например, образование звездчатых форм выпуклых многогранников) либо в моменты определенной пространственной фиксации смещающегося (вращающегося) модульного элемента.

Шарнирное преобразование исходной плоской сети широко используется при моделировании решетчатых структур сборно-разборного и трансформируемого типа. Результирующие структуры могут иметь различные геометрические характеристики (силуэт, очертание плана, контурные линии, кривизну), определяемые возможностями кинематической трансформации исходной сети.

Моделирование дискретных оболочек путем координатного построения пространственного сетчатого каркаса над заданной планировочной сетью на основе аналитического описания поверхности и задания контурных кривых позволяет получать сетчатые оболочки различной кривизны с выразительным силуэтом, придающим застройке неповторимое своеобразие, а также конструировать минимальные поверхности на заданных контурах. Разновидность данного способа - сетчатая аппроксимация поверхностей заданных гладких оболочек (цилиндрических, конических, сферических, комбинированных) дискретными каркасами с последующей компоновкой объемных элементов по ячейкам сетевой разбивки.

Моделирование оболочек путем непрерывного или дискретного движения (либо проецирования) заданных геометрических элементов (образующих по направляющим, движения операций симметрии и др.) широко применяется при образовании оболочек с разворачиваемой и неразворачиваемой поверхностью. Операциями движения являются: параллельный перенос, поворот, мультипликативный перенос, зеркальное отражение, скользящее отражение, винтовое движение. Кинематическое моделирование поверхностей может осуществляться движением световых лучей с получением линейчатых оболочек сложного очертания.

Все обозначенные способы взаимосвязаны и пересекаются (одна и та же форма оболочки может быть получена различными способами).

Исследование показало, что большинство составных линейчатых оболочек, применяемых в архитектуре, имеет регулярную дискретную структуру, обусловленную симметричным расположением составляющих элементов относительно друг друга и фиксируемую некоторой сетью связей. Ячейки данной сети заполнены плоскими или объемными тонкостенными отсеками линейчатых поверхностей.

Следовательно, составные линейчатые оболочки характеризуются двумя важнейшими свойствами: а) сетью связей, определяющей топологию и очертание структуры СЛО; б) формой элементов, заполняющих ячейки структуры СЛО.

На основе выявленных закономерностей предложена комплексная теоретическая модель компоновочной организации форм СЛО: создание дискретной структуры СЛО путем преобразования исходной плоской или пространственной сети-заполнение ячеек структуры СЛО-. результирующая форма СЛО. На стадии образования структуры СЛО в качестве исходного объекта служит одна из известных плоских или пространственных сетей.

В соответствии с предложенной теоретической моделью исходный объект (плоская или пространственная сеть) преобразуется определенной операцией или совокупностью последовательных операций, после чего ячейки каждого варианта модифицированной сети заполняются различными элементарными отсеками либо группами элементарных отсеков с получением результирующих форм оболочек. При этом заполнение ячеек смоделированного пространственного каркаса оболочки может выполняться в различных вариантах; следовательно, варьируя лишь характер заполнения, можно получать многообразные результирующие формы СЛО на одной и той же структурной основе. Планиметрические преобразования исходных сетей обуславливают формирование разверток новых типов складчатых систем, трансформируемых из плоскости.

Продуктивность предложенной теоретической модели обусловлена как возможностью получения разнообразных по очертанию каркасов СЛО путем многовариантного преобразования существующих плоских или пространственных сетей, выбранных в качестве исходных объектов, так и вариабельной формой элементов, заполняющих ячейки результирующей структуры оболочки. При этом каждая стадия преобразования исходной сети, а также замены элемента, заполняющего ячейки, может фиксировать промежуточный или окончательный вариант СЛО.

Следовательно, каждая конкретная форма оболочки является неким промежуточным фиксированным вариантом-этапом цепи последовательного преобразования определенных исходных объектов. При этом одна и та же форма оболочки может быть получена различными способами преобразования различных исходных объектов и находится на их пересечении.

Условное расчленение форм СЛО на «структуру» и «заполнение» сразу ставит два важных вопроса: -о видах операций преобразования исходных регулярных сетей в дискретные каркасы СЛО; -о разновидностях заполнения ячеек смоделированных регулярных каркасов СЛО.

В результате исследований впервые выявлены и систематизированы основные виды операций преобразования исходных плоских и пространственных сетей: 1) плоскостная или пространственная шарнирная трансформация; 2) деформация связей (удлинение, сокращение, изгиб); 3) изменение топологии (отсечение отдельных узлов, устранение или добавление отдельных связей); 4) проецирование центров ячеек, узлов или середин связей нормально аппроксимирующей поверхности.

Данные операции могут использоваться для преобразования какой-либо сети в различных сочетаниях и последовательности, после чего ячейки смоделированной структуры СЛО заполняются какими-либо плоскими или объемными элементами.

Возможные операции преобразования простейшей плоской исходной сети с равными квадратными ячейками представлены на рис.2.

Плоскостная или пространственная шарнирная трансформация такой сети (рис.2.1) может осуществляться в различных вариантах с образованием структур из квадратных или ромбовидных ячеек и различным типом симметрии. На следующем этапе формообразования полученные сети заполняются элементарными отсеками линейчатых поверхностей или группами элементарных отсеков с образованием результирующих составных оболочек либо подвергаются дальнейшему преобразованию с помощью одной из вышеназванных операций.

Деформация связей исходной сети (рис.2.2) осуществляется путем их линейного удлинения, сокращения или изгиба, после чего варианты модифицированной сети могут подвергаться дальнейшим преобразованиям (например, изменение топологии с получением плоских разверток складчатых систем; пространственная шарнирная трансформация с заполнением ячеек полученного каркаса отсеками гиперболических поверхностей и др.).

Нормальное проецирование узлов исходной сети (рис.2.3) обуславливает образование пространственного каркаса СЛО над заданной планиметрической основой и может осуществляться с изменением ее топологии (образование дополнительных нормальных связей; образование проемов в пространственной структуре оболочки вследствие создания двойных пересекающихся связей над отдельными линиями исходной сети) либо без изменения ее топологии, после чего ячейки образованных структур заполняются, например, линейчатыми отсеками гиперболических поверхностей.

Изменение топологии исходной сети (рис.2.4) предполагает образование новой планиметрической взаимосвязи узлов, что обуславливает формирование новых типов плоских разверток складчатых систем; вместе с тем дальнейшее преобразование модифицированной

РИС. 2

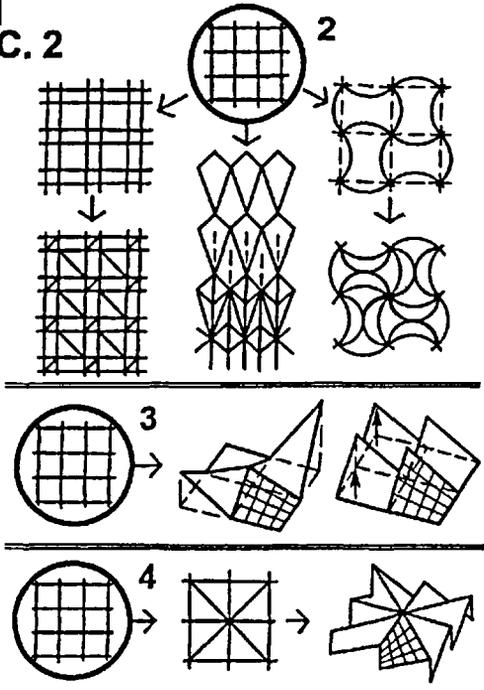
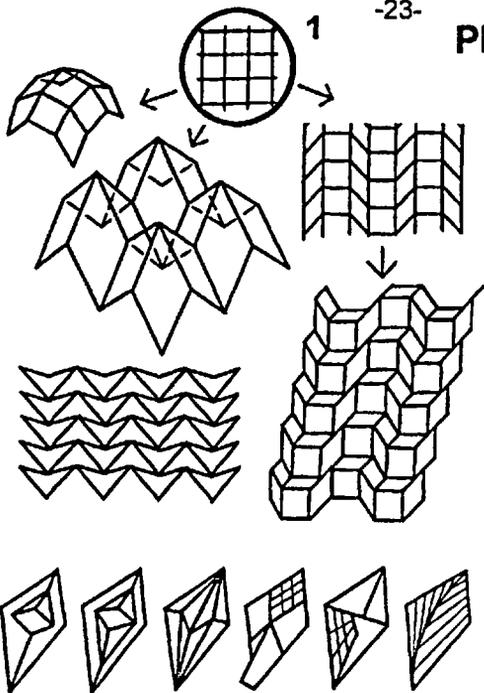
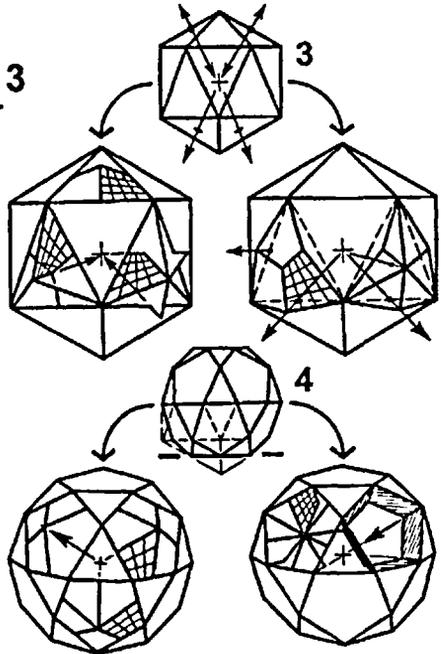
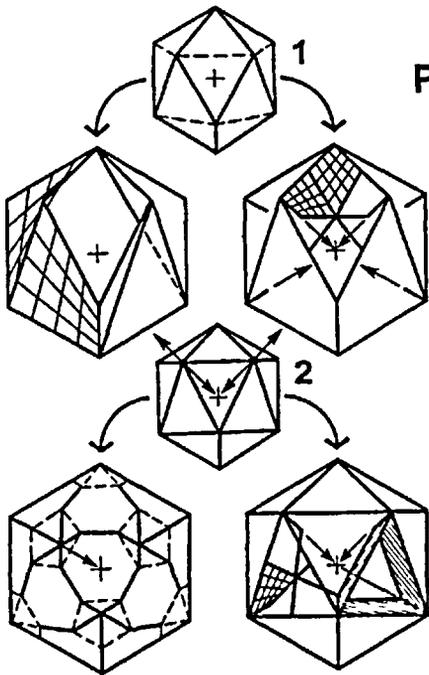


РИС. 3



сети какой-либо операцией (например, изменением высот узлов) позволяет получать широкий спектр переменных составных оболочек из отсеков гипара.

Возможные операции преобразования исходной пространственной сети с равными треугольными ячейками (в качестве примера выбрана структурная модель икосаэдра) показаны на рис.3.

После изменения топологии исходной сети (устранения отдельных связей) модифицированный пространственный каркас непосредственно заполняется объемными линейчатыми элементами (отсек гипара или ромбовидная складка, перегнутая по диагонали) либо дополняется новыми связями с последующим заполнением ячеек (рис.3.1).

Проецирование узлов, центров ячеек или середин связей нормально аппроксимирующей гладкой поверхности (для правильного многогранника таковой является описанная сфера) с последующим образованием дополнительных связей позволяет получать широкий спектр двухъясных составных оболочек складчатого и решетчатого типа из отсеков линейчатых поверхностей (рис.3.2 и 3.3). Нормальное проецирование узлов сети может производиться с изгибом или переломом связей, что значительно расширяет диапазон форм одноъясных составных оболочек.

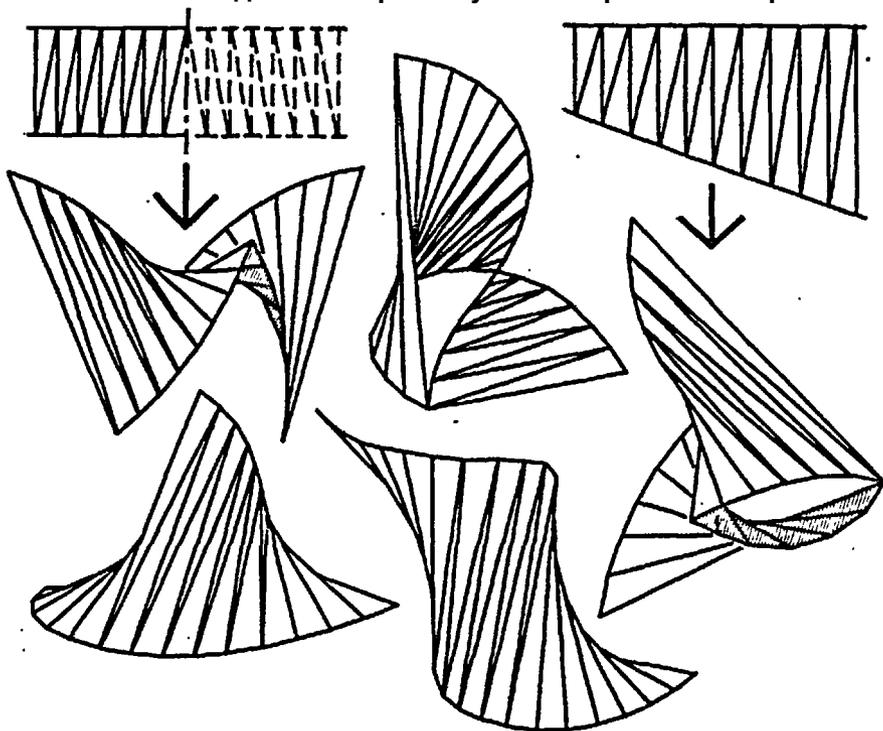
Операция отсечения отдельных узлов исходной пространственной сети в сочетании с операцией нормального проецирования центров ячеек полученной сети и дальнейшим изменением ее топологии (образование новых связей) позволяет получать сетчатые каркасы дискретных оболочек купольного типа - рис.3.4.

Предложенная комплексная теоретическая модель компоновочной организации форм составных линейчатых оболочек является не только универсальным инструментом построения разнообразных форм СЛО, но и служит единой научной основой способов моделирования оболочек, позволяющей системно проводить дальнейшие исследования. Она позволяет в полной мере использовать потенциал теории сетей при разработке СЛО различных классов (складчатые системы, трансформируемые из плоскости; складчатые системы, разворачиваемые на плоскость с разрывами; складчатые системы из отсеков поверхностей отрицательной гауссовой кривизны; решетчатые и комбинированные системы различных типов). Выявленные виды операций преобразования исходных сетей, используемые в различных сочетаниях, позволяют получать широкий спектр переменных решений СЛО, не поддающийся количественной оценке, что расширяет диапазон средств моделирования оболочек, а также служит важной предпосылкой выбора оптимального варианта решения и его патентной защиты.

В отличие от известных аналоговых моделей, основанных на се-

тевой аппроксимации предварительно заданной общей формы оболочки с последующим заполнением полученных ячеек многогранными или линейчатыми отсеками, предложенная комплексная модель предполагает получение различных по очертанию каркасов СЛО с равными сетевыми ячейками без предварительного задания общей формы оболочки, что существенно расширяет диапазон сложных по очертанию результирующих форм, komponуемых из однотипных модульных элементов.

Так, например, целый спектр новых архитектурных форм СЛО с характерным динамичным силуэтом на основе модульных складчатых элементов получен автором трансформацией исходной плоской сети из однотипных либо подобных треугольных ячеек с последующим ее изгибанием и соединением краевых участков в различных вариантах:



Очевидно, что изначальное умозрительное построение результирующих форм приведенных выше составных оболочек либо невозможно, либо представляет собой исключительно сложную методическую проблему. В то же время предлагаемая автором принципиальная схема поиска новых форм позволяет легко и эффективно добиться поставленной цели.

На данной теоретической основе разработан ряд конкретных спо-

сборов пластического моделирования новых архитектурных форм СЛО путем преобразования исходных сетей и регулярных дискретных поверхностей.

1. Способ образования переменных складчатых оболочек (рис.4) заключается в преобразовании исходной плоской развертки путем использования различных сочетаний линий сгиба. В качестве примера выбрана сеть с ячейками формы параллелограмма, имеющими внутреннюю разбивку в виде гибких связей, ограниченных вершинами большей диагонали ячейки. После многовариантных преобразований развертки получен ряд плоских результирующих оболочек различного очертания (плоскостного, сводчатого, трубчатого и др.). Способ эффективен при конструировании мобильных сооружений малых пролетов с многократно изменяемой формой покрытия.

2. Способ образования складчатых оболочек гиперболического очертания (рис.5) заключается в преобразовании исходной складчатой полосы, профилированной в одном направлении, путем соединения ее противоположных линейных кромок; причем параллельные срезы складок, ограничивающие полосу по ширине, выполнены наклонно к их ребрам. Складки полосы могут иметь различное поперечное сечение (зигзагообразное, трапециевидальное и др.). Результирующие складчатые оболочки, аппроксимирующие однополостный гиперболоид вращения, могут использоваться в виде кольцевых участков трубчатых сооружений, сборно-разборной опалубки монолитных оболочек.

3. Способ образования переменных складчатых оболочек (рис.6) заключается в преобразовании исходной плоскостной складчатой поверхности, профилированной в двух взаимно перпендикулярных направлениях, путем перемещения и фиксации краевых участков в различных вариантах. Результирующие оболочки аппроксимируют поверхности отрицательной гауссовой кривизны, имеют различное очертание контурных кривых и конфигурацию плана. Способ эффективен при конструировании трансформируемых звукорассеивающих экранов, гибкой сборно-разборной опалубки монолитных оболочек, быстровозводимых выставочных павильонов.

4. Способ образования оболочек плоскостного и сводчатого очертания (рис.7) заключается в преобразовании исходных плоских складчатых оболочек в системы, составленные из отсеков гиперболического параболоида, путем деформации или смещения смежных зигзагообразных или трапециевидальных поясов ребер относительно друг друга. Широкий спектр оболочек, полученных на основе данного способа, используется в качестве сотовых заполнителей многослойных панелей типа «сэндвич», гофрированных участков сводчатых покрытий различного назначения.

РИС. 4

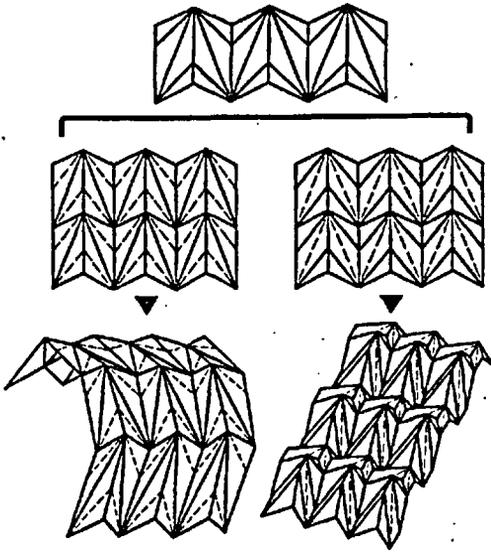


РИС. 5

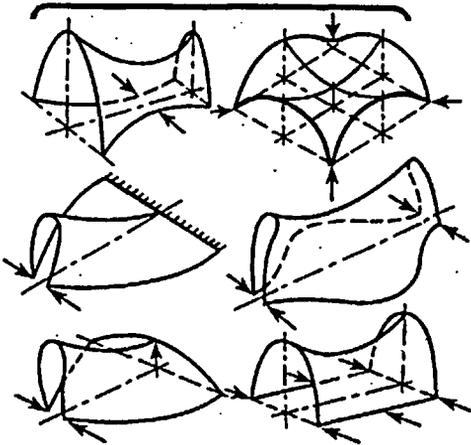
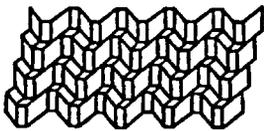
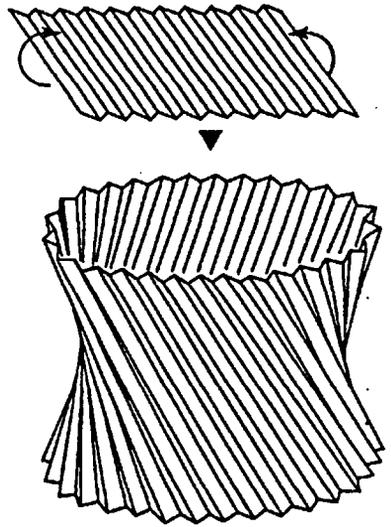


РИС. 6

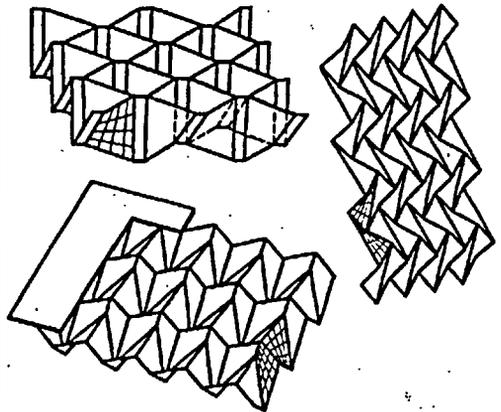
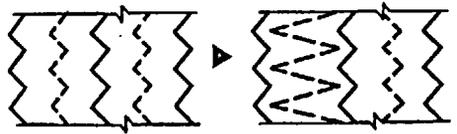


РИС. 7

5. Способ образования сводчатых оболочек (рис.8) заключается в преобразовании исходных складчатых поверхностей путем последовательной аппроксимации смежных поясов ребер: сомкнутые зигзагообразные пояса исходного складчатого свода из ромбовидных панелей преобразуются в сомкнутые трапециевидные пояса ребер (складчатый свод из шестиугольных панелей, перегнутых по двум параллельным диагоналям), далее- в разомкнутые трапециевидные пояса ребер (свод из восьмиугольных складчатых панелей и прямоугольных контактных граней между ними), затем- в разомкнутые волнистые пояса ребер (складчатый свод из цилиндрических отсеков, очерченных синусоидальными кромками). Результирующие своды могут использоваться в качестве покрытий ангаров, складских и спортивных сооружений.

6. Способ образования складчатых оболочек плоскостного, сводчатого и купольного очертания (рис.9) заключается в преобразовании исходной плоской или пространственной сети путем образования узловых ребер нормально аппроксимирующей поверхности оболочки и дополнительных связующих ребер. Многочисленные оболочки, образованные на основе данного способа, могут эффективно использоваться в качестве большепролетных двухпоясных покрытий, различного назначения.

7. Способ образования решетчатых оболочек (рис.10) заключается в преобразовании исходной плоской сети из концентрических подобных многоугольников путем их последовательного вращения вокруг оси до соприкосновения со смежным многоугольником. Результирующая структуры имеют ярко выраженный динамичный характер, обладают повышенной жесткостью и используются в качестве перегородок, подвесных потолков, солнцезащитных решеток, витражей, малых архитектурных форм.

8. Способ изготовления тонкостенных металлических двоякоффрированных оболочек (рис.11) заключается в последовательном формировании рядов складчатых элементов путем шаговой гибки исходной профилированной заготовки. Ширина профилированного листа ограничена габаритами рабочего участка прессы. При этом весь спектр изделий производится на одном и том же оборудовании без переналадки штампов и изменения толщины листа, а основные геометрические параметры рельефа (высота гофров, толщина листа, углы складкообразования) могут изменяться в широких пределах. В частности, возможно изготовление тонколистовых оболочек: а) с переходом криволинейного участка в прямолинейный; б) с чередованием двоякоффрированных и одинарно гофрированных участков; в) с продольным профилем сложного полигонального очертания; г) с криволинейными участками различной ориентации; д) с переменным радиусом кривизны. Многочисленные типы результирующих складчатых

РИС. 8

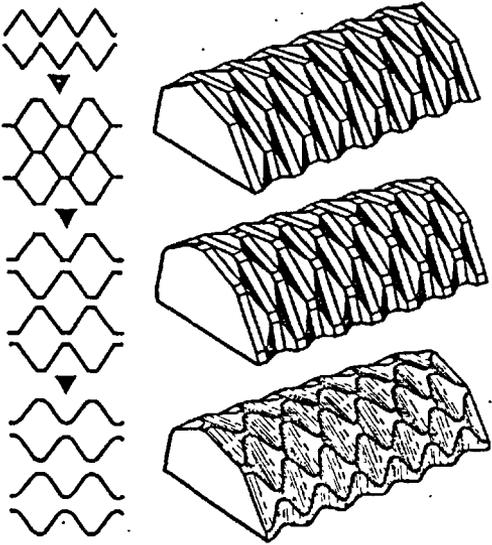


РИС. 9

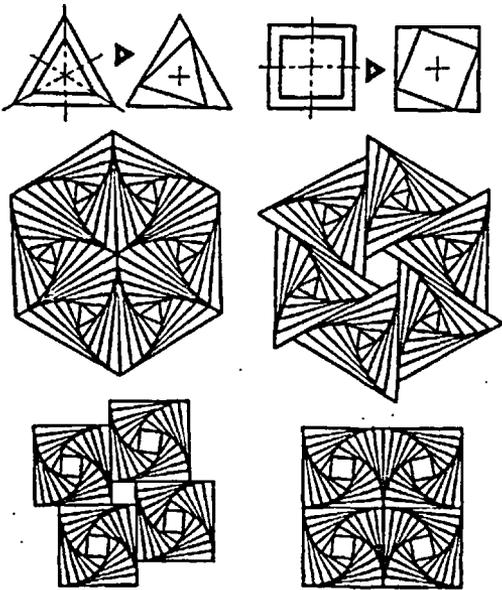
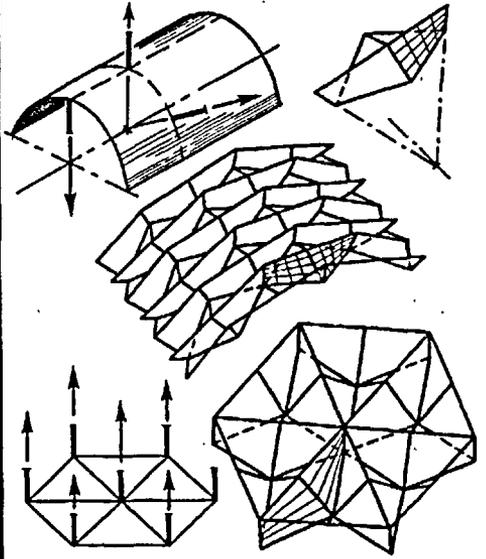


РИС. 10

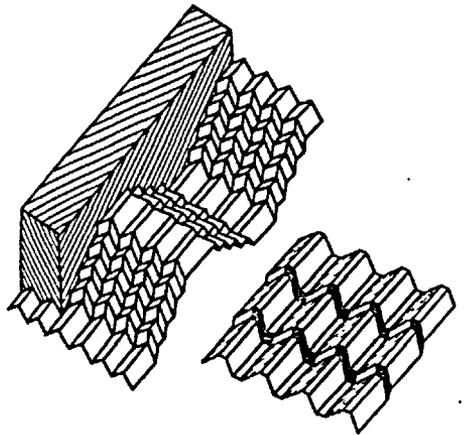
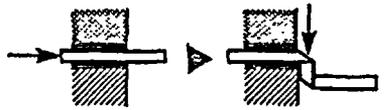


РИС. 11

оболочек из листового металла используются в качестве акустических панелей, кровельных черепичных элементов, заполнителей многослойных конструкций.

9. Способ образования составных куполообразных оболочек (рис.12) заключается в преобразовании исходной сети из concentрических многоугольников путем вращения их относительно друг друга, подъема одного из них по вертикальной оси и образования дополнительных связей между ними. Далее ячейки образованной структуры заполняются отсеками гипара с прямолинейными кромками. Многоугольники оснований полученных оболочек могут быть выпуклыми и звездчатыми. Результирующие оболочки аппроксимируют поверхность усеченного конуса и могут использоваться как покрытия зонтичного типа в сооружениях различного назначения.

10. Способ образования ярусных куполообразных оболочек (рис.13) заключается в преобразовании исходной плоской сети в пространственную структуру СЛО, фиксирующую многовариантные ярусные компоновки отсеков гиперболических поверхностей. Определенные участки исходной сети поднимаются по вертикальной оси, фиксируются в различных уровнях и соединяются дополнительными связями, после чего однотипные пространственные ячейки полученной структуры заполняются модульными отсеками-гипарами. Результирующие системы имеют очертание пирамидальных куполов, различную конфигурацию плана (в зависимости от типа исходной сети) и могут применяться в качестве большепролетных покрытий в зданиях различного назначения.

11. Способ образования складчатых оболочек плоскостного и сводчатого типа (рис.14) заключается в преобразовании исходной плоской сети из двух параллельных линий и зигзагообразного участка между ними путем подъема или поворота центрального зигзагообразного участка относительно плоскости двух параллельных прямых и образования дополнительных связей между заданными элементами. Ячейки полученной структуры заполняются однотипными оболочками-гипарами. Широкий спектр результирующих оболочек может использоваться в качестве большепролетных покрытий в зданиях зального типа.

12. Способ образования складчатых оболочек плоскостного типа (рис.15) заключается в преобразовании исходной плоской сети путем поворота фрагмента ячейки сети на некоторый угол и образования дополнительной диагональной связи либо двух связей. В качестве примера выбран участок сети П-образного очертания, который поворачивают на угол  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  или  $120^\circ$  относительно оси, проходящей через концы участка, снабжают пространственной диагональной связью и полученный структурный элемент заполняют двумя однотипными отсеками гиперболических поверхностей. Данные модуль-

РИС. 12

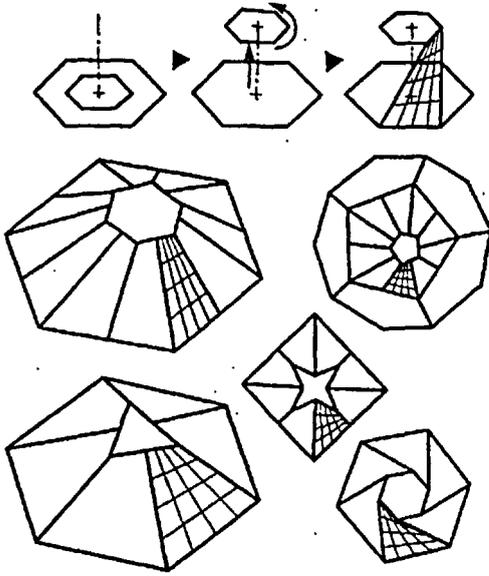


РИС. 13

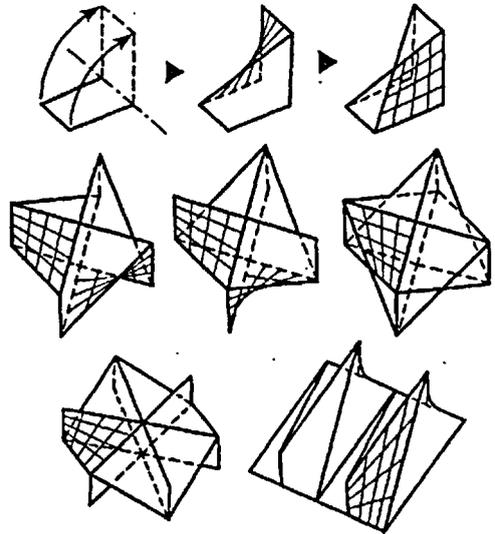
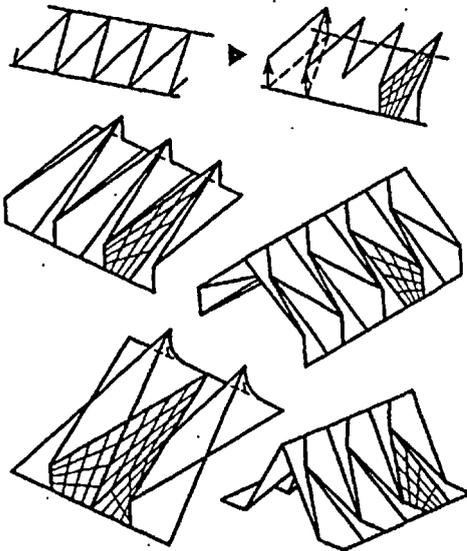
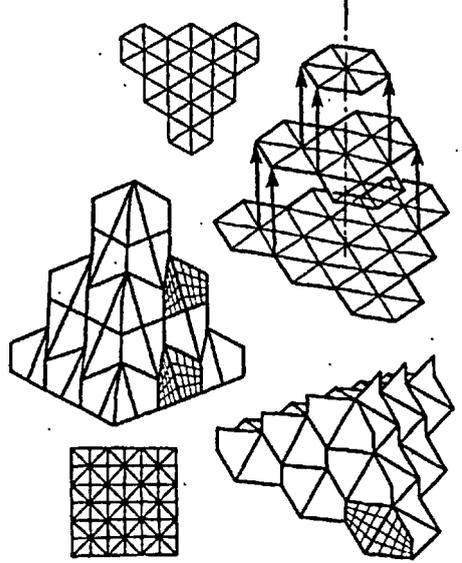


РИС. 14

РИС. 15

ные элементы могут стыковаться в различных вариантах и образовывать многочисленные формы СЛО, обладающие значительной пространственной жесткостью, что и определяет область их эффективного использования (малогабаритные временные жилые ячейки, сотовые заполнители панелей «сэндвич»).

13. Способ образования складчатых сводов (рис.16) заключается в преобразовании исходной плоской развертки-полосы в складчатую систему путем горизонтального перемещения противоположных сторон полосы навстречу друг другу. Полоса ограничена двумя рядами прямоугольных пластин, между которыми размещены треугольные пластины. При сближении противоположных сторон полосы ряды прямоугольных пластин образуют две параллельные арки, между которыми формируются складчатые ромбовидные элементы, в совокупности аппроксимирующие гиперболическую оболочку отрицательной гауссовой кривизны. Соединение смежных арочных полос производится по отбортовкам прямоугольных пластин либо внахлест. Результирующие сводчатые оболочки могут использоваться в качестве быстровозводимых покрытий различного назначения, сводчатых зонтов станций метрополитена, а также заполнителей криволинейных многослойных панелей.

14. Способ образования складчатых куполов (рис.17) заключается в преобразовании исходной радиальной плоской развертки путем перемещения опорных участков в плоскости основания к центру. Развертка содержит участки с криволинейным очертанием, что обуславливает образование результирующей оболочки с гранями в виде конических и цилиндрических отсеков. Быстровозводимые тонкостенные покрытия куполообразного типа могут иметь различное очертание в плане и использоваться в качестве зрелищных и игровых павильонов.

15. Способ образования складчатых оболочек (рис.18) заключается в видоизменении исходной складчатой поверхности путем образования проемов и дополнительных вставок между смежными элементами. Образованные проемы служат для обеспечения естественного водоотвода с покрытия сложной комбинированной формы и развитой конструктивной пластикой. В качестве примера выбран исходный ромбовидный элемент из четырех сочлененных гипаров, образующих диагональные ребра ромбовидного элемента и центральное ребро соединяющее середины диагоналей. После разъединения центрального ребра и введения плоской пластины по одной из диагоналей образуется сквозной треугольный проем, обеспечивающий водоотвод при любой пространственной ориентации элемента без снижения жесткости последнего. Результирующие оболочки куполообразного, сводчатого, звездчатого и плоскостного очертания могут использоваться в качестве большепролетных покрытий общественных и промышленных зданий различного назначения.

РИС. 16

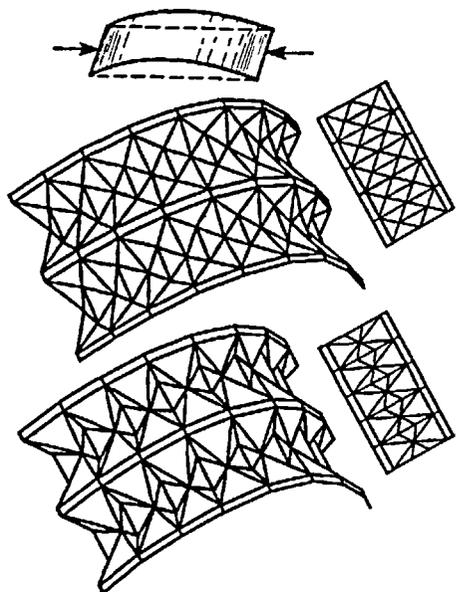


РИС. 17

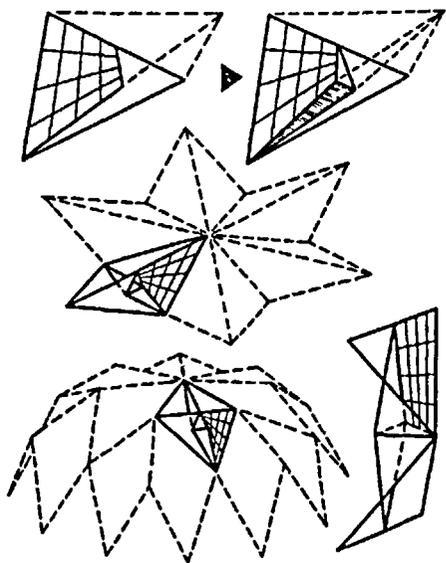
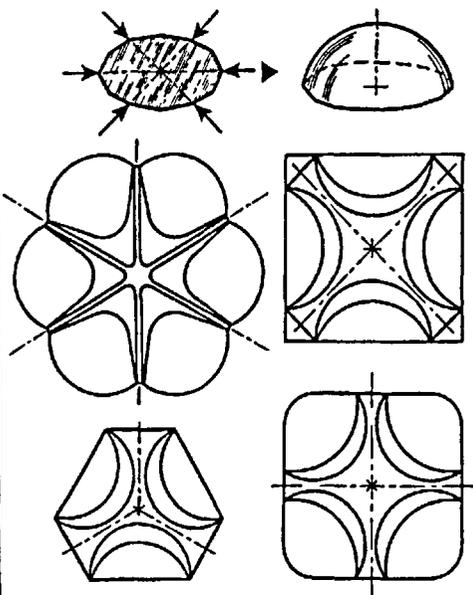


РИС. 18

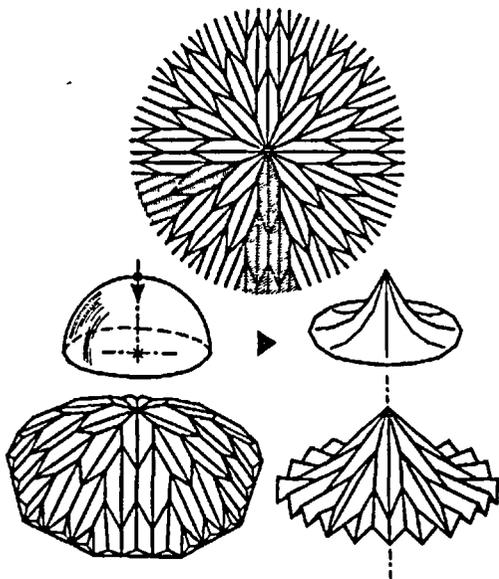


РИС. 19

РОС. НАЦИОНАЛЬНАЯ  
 БИБЛИОТЕКА  
 С. ПЕТЕРБУРГ  
 09.103.017

16. Способ образования плоскогранных куполообразных складчатых покрытий (рис.19) заключается в инверсионном преобразовании исходной складчатой оболочки путем перемещения центральных участков поверхности вдоль вертикальной оси. В результате исходная куполообразная оболочка, аппроксимирующая поверхность положительной гауссовой кривизны, преобразуется выворачиванием в шатровую оболочку, аппроксимирующую поверхность отрицательной гауссовой кривизны. Результирующие оболочки могут использоваться в качестве покрытий и навесов ресторанов и автозаправочных станций в консольном зонтичном варианте.

Разработаны новые типы геодезических разбиений сферической поверхности на модульные элементарные ячейки пятиугольной, четырехугольной и звездчатой конфигурации. Способ их построения сводится к определенным геометрическим преобразованиям трех типов исходных сферических сетей- икосаэдральной, гексаэдральной и додекаэдральной (состоящих соответственно из однотипных равно-сторонних сферических треугольников, квадратов и пятиугольников). После выполнения необходимых преобразований дугообразные стороны многоугольных модульных сферических ячеек могут быть легко аппроксимированы хордами, а сами ячейки заполнены многогранными или линейчатными отсеками с соответствующим контуром (планиметрические схемы возможных вариантов преобразованных элементарных ячеек на сфере показаны на рис. 20). Раскрытие новых компоновочных возможностей модульных элементов на сферической поверхности способствует дальнейшему развитию теории формообразования геодезических и кристаллических купольных систем в архитектуре.

Приведены примеры впервые полученных плоскогранных фрактальных складчатых оболочек. Установлено, что структуры фрактальных складчатых систем, трансформируемых из плоскости, должны содержать основные параллельные или радиальные «поля», а также расположенные между ними переходные многогранные «пояса», пропорционально убывающие (возрастающие) по величине (на рис. 21 показаны плоские развертки некоторых новых типов фрактальных складчатых систем, имеющих переменную глубину и пластическую насыщенность рельефа на различных участках).

Разработанные способы моделирования форм СЛО расширяют спектр пластических средств архитектурного проектирования зданий и сооружений, а также служат основой получения универсальных форм оболочек с широким диапазоном использования, иными эстетическими и компоновочными свойствами, чем известные ранее.

Одна из важнейших функциональных характеристик любой оболочки - площадь поверхности - определяет ее материалоемкость и теплопотери через покрытие. Снижение же материалоемкости является

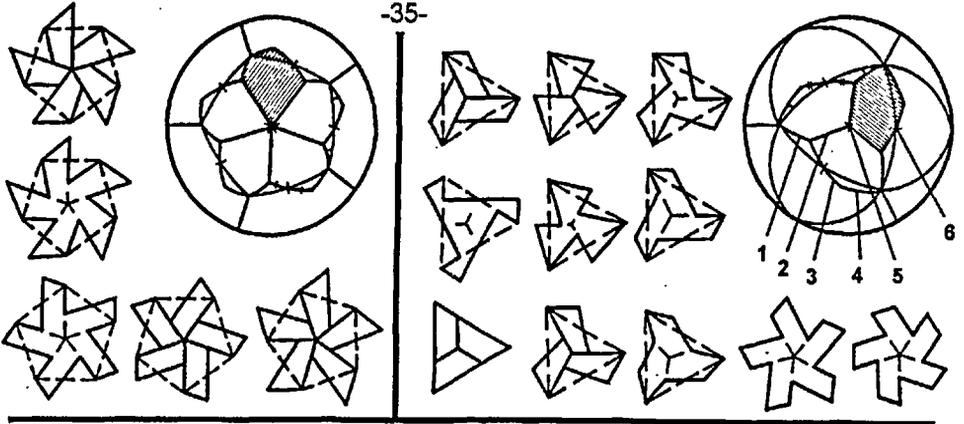


РИС. 20

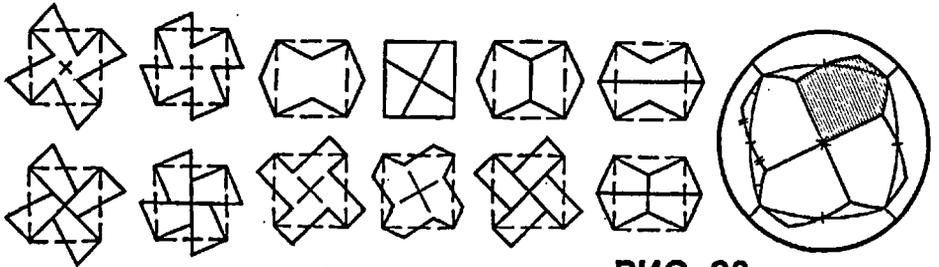
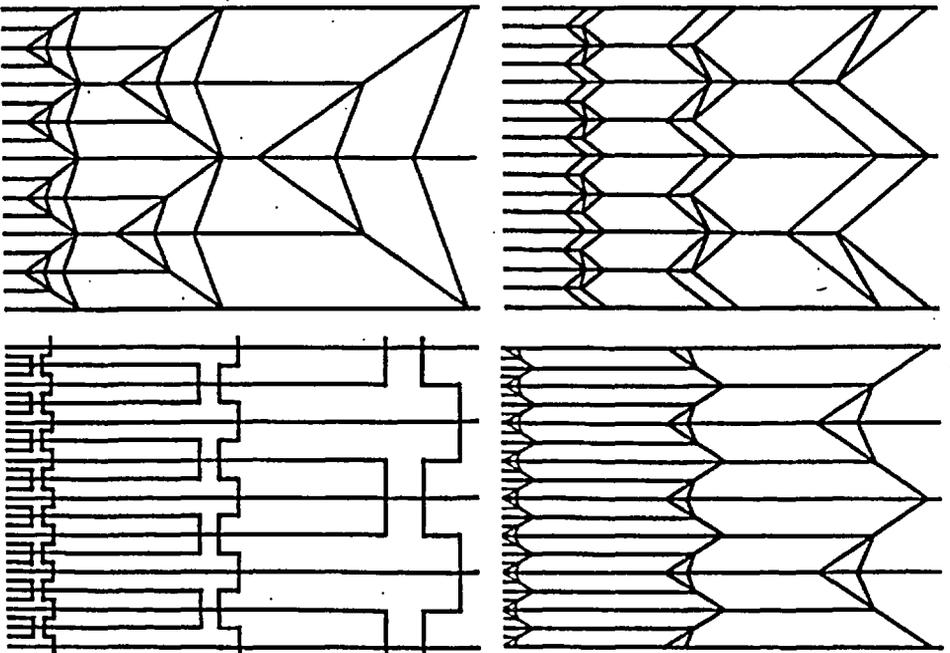


РИС. 21



важнейшим направлением оптимизационного конструирования большепролетных оболочек и служит экономической предпосылкой их широкого использования в архитектуре.

Разработаны новые решения составных линейчатых оболочек на четырехугольных и пятиугольных пространственных контурах с прямолинейными кромками, обладающих наибольшими компоновочными возможностями при образовании плоскостных, сводчатых и куполообразных форм покрытий, позволяющих значительно уменьшить площадь поверхности по сравнению с известными покрытиями на аналогичных контурах без снижения их жесткости. Так сопоставительный компьютерный расчет площадей поверхности разработанной оболочки (2) и оболочки-аналога (1) на пятиугольном пространственном контуре показал, что при различном соотношении габаритов (длины, ширины и высоты) предложенное решение позволяет получить экономию материалов 16...25%; при этом величина экономии не бывает постоянной и изменяется в широких пределах, четко обозначая оптимальное соотношение габаритов (рис. 22).

Исследование аэродинамических свойств покрытий со сложной пластикой поверхности является актуальным направлением моделирования форм СЛО. С целью исследования аэродинамической обтекаемости и характера распределения снеговой нагрузки проведены сравнительные лабораторные испытания моделей складчатых оболочек в аэродинамической трубе Уральского ПромстройНИИпроекта, позволившие наметить принципы аэродинамического моделирования оболочек, подверженных минимальным снегозаносам и испытывающих минимальные напряжения от ветровой нагрузки. В процессе испытаний два сводчатых покрытия с аналогичными геометрическими характеристиками (известное складчатое покрытие-аналог из трапециевидных элементов и предложенное покрытие из пересекающихся цилиндрических отсеков, очерченных синусоидальными кромками) подвергались продувке в различных режимах, после чего сопоставлялись схемы снегоотложений на их поверхности. При этом характер снегоотложений в каждом режиме продувки обуславливался аэродинамическими свойствами конкретных геометрических форм оболочек. Испытания подтвердили аэродинамическую эффективность предложенного покрытия, а намеченные принципы оптимизационного аэродинамического моделирования могут быть использованы при проектировании СЛО плоскостного, сводчатого, купольного, гиперболического и сложного очертания.

Практическим результатом проведенного исследования явилась разработка ряда патентоспособных решений составных линейчатых оболочек, предназначенных для серийного производства, а также внедрение новой технологии изготовления тонкостенных складчатых металлических изделий с широким диапазоном использования.

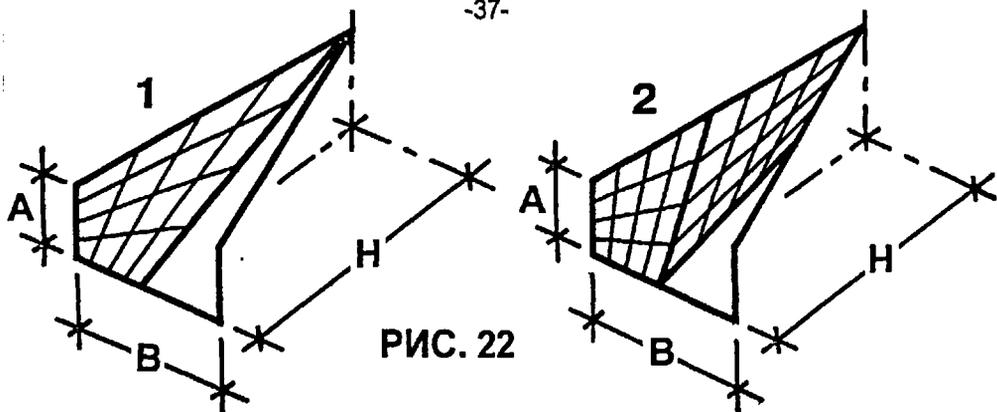
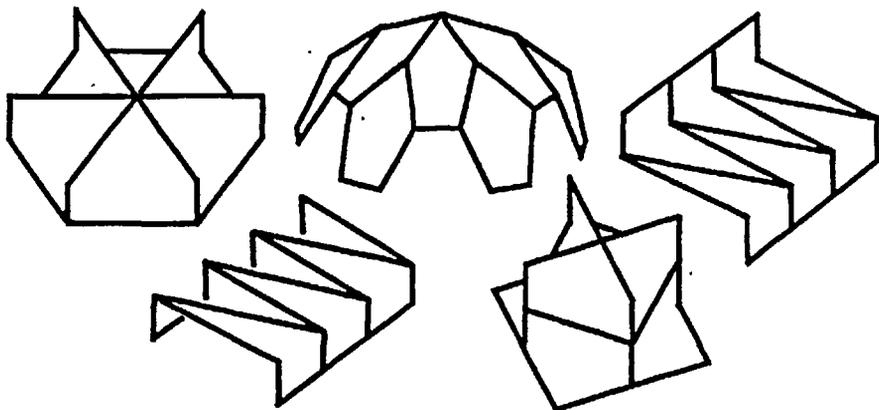


РИС. 22

Параметры элемента			Площади поверхности:		Экономия материалов (%)
A	B	H	прототипа	Заявляемого решения	
1	1	2	2,44	2,24	8,20
1	1	3	3,48	3,31	4,89
1	2	3	4,74	4,01	15,41
1	3	3	6,23	5,31	14,77
1	3	10	19,11	14,93	21,85
1	3	50	95,65	82,85	13,39
1	3	100	191,83	172,36	10,15
1	10	10	52,66	39,57	24,86
1	10	50	258,73	193,88	25,07
1	10	100	518,19	390,75	24,60
3	10	10	69,37	64,60	6,88
3	10	50	311,46	261,05	16,19
3	10	100	621,43	539,06	13,26



Созданные автором разнообразные компоновочные схемы СЛО могут эффективно использоваться по нескольким направлениям.

1. Оболочки больших и средних пролетов для перекрытия зальных зданий (спортивных комплексов, ангаров, торговых центров и рынков, культовых, транспортных, складских сооружений, причалов, цирков, оранжерей, концертных залов, аудиторий и др.). Наиболее важные изобретения [18-25; 82-88; 90-91; 94].

2. Быстровозводимые сборные и трансформируемые оболочки малых пролетов (укрытия в зонах стихийных бедствий, временное жилище в экстремальных природно-климатических условиях, развертываемые оболочки для укрытия техники, спортплощадок, бассейнов, солнцезащитные оболочки, павильоны, укрытия экологически вредных производств и др.), а также малые архитектурные формы (световые фонари, скульптуры, фонтаны, входные группы, навесы, сценические элементы в интерьере, крытые переходы, галереи и др.). Наиболее важные изобретения [40, 45, 61, 68, 89].

3. Тонкостенные рельефные одно- или многослойные панели как элементы стен, потолков, вертикальных и наклонных опор, арок, балок, жалюзи, ангаров, металлочерепичных кровель, опалубки бетонных и армоцементных оболочек, ограждений агрегатов, конструкций теплообменников (градирен, солнечных батарей), оболочек резервуаров (водонапорных башен, силосов, бункеров), ветровых турбин и др. Наиболее важные изобретения [17; 26-37; 92-93; 95-100].

4. Трубчатые оболочки высотных зданий- деловых, торговых и финансовых центров, банков, офисных и гостиничных комплексов.

Актуальным технологическим направлением работы следует считать разработку новых устройств и способов для получения тонкостенных гофрированных оболочек из листовых материалов. Наиболее важные изобретения [38-39; 101].

Установлено, что одна и та же форма СЛО может быть одинаково эффективной в качестве различных элементов зданий и сооружений, реализуясь при этом в различных материалах и конструкциях, имея различные метрические параметры.

Следовательно, СЛО эффективны (а во многих случаях незаметны) при решении практических любых актуальных архитектурных задач: -реконструкции жилых и промышленных зданий (возведение мансардных этажей и пристроек); -облицовке наружных и внутренних поверхностей зданий (кровельные и многослойные панели, подвесные потолки, навесные стены); -возведении большепролетных покрытий и высотных зданий; -создании малых архитектурных форм и мобильных сооружений; -корректировке акустического режима интерьеров и др. При этом достигается единство художественной выразительности и технической эффективности формы сооружения.

В заключительной части работы показаны композиционные воз-

возможности применения новых форм СЛО в экстерьерах и интерьерах различных типов зданий и сооружений (приведены концептуальные проектные предложения). Метрическая и функциональная адаптация форм СЛО производилась автором с учетом конкретных природно-климатических условий и градостроительной ситуации.

Архитектурные концепции некоторых описанных в работе проектных предложений основаны на: -создании образа сложной и изящной природной формы (раковины, цветка), расположенной в бассейне на берегу озера, а также подсветке складчатой оболочки из-под воды с отражением в ней всего сооружения (ресторан на о.Траунзее, Австрия); -создании легкой светопрозрачной консольной веерообразной структуры, напоминающей корабельный парус либо природную форму (паутину, лист дерева, крыло бабочки), отражающуюся в озере (летнее кафе, г. Гмунден, Австрия); -создании сложной, пластически насыщенной формы с динамичным силуэтом и веерообразным расположением однотипных балочных складчатых элементов (комплекс сооружений христианских миссий, Ватикан); -создании крупногабаритной гиперболической оболочки с ярусами складок, ритмически увеличивающихся от основания сооружения к его верхнему уровню, а также организации эффективной «световой архитектуры» оболочки в вечернее и ночное время (плотина «Каскад», Бразилия); -создании многогранной светопрозрачной оболочки, напоминающей друзу кристаллов, выступающих из горной породы (ювелирный центр, г. Екатеринбург).

Выход на конкретные разработки демонстрирует продуктивность теоретических положений и предложенных способов и является экспериментальной апробацией положений, изложенных в предыдущих главах.

Определены перспективные направления дальнейших практических значимых исследований в данной области: 1) разработка новых эффективных архитектурных форм СЛО с минимальной площадью поверхности на разнообразных замкнутых контурах, а также определение их композиционного потенциала; 2) разработка теоретических основ построения архитектурных форм составных оболочек с фрактальной структурой, а также определение их композиционного потенциала; 3) исследование акустического аспекта формообразования (разработка и экспериментальная апробация оболочек, обладающих максимальной звукорассеивающей способностью, а также создающих направленные звуковые эффекты); 4) дальнейшее исследование аэродинамического аспекта формообразования (разработка и экспериментальная апробация оболочек, обладающих максимальной аэродинамической обтекаемостью); 5) разработка теоретических основ композиционного моделирования куполообразных оболочек на основе изоздральных сферических разбиений, а также составных форм с иррегулярной структурой в архитектурезданиях и сооружениях.

## **Заключение и общие выводы**

Расширение сферы применения СЛО в практике строительства и реконструкции зданий и сооружений, к которым предъявляются самые различные композиционно-художественные, технико-экономические и эксплуатационно-технологические требования, соответствует задачам современной архитектуры.

В настоящей работе составные линейчатые оболочки рассматриваются как важнейшие эстетически и функционально значимые компоненты архитектурных форм зданий. При этом раскрытие фундаментальных структурно-компоновочных закономерностей построения форм СЛО, а также разработка на данной теоретической основе новых способов моделирования разнообразных форм оболочек составляют ключевое научно-методическое звено настоящей диссертации.

Пластическая выразительность архитектурных форм оболочек обеспечивается их структурно-компоновочными качествами- соотношением и взаимодействием составляющих элементов. Адаптация новых форм СЛО в архитектуре должна производиться с учетом всего комплекса конструктивно-технологических, функциональных и художественно-эстетических особенностей их формирования.

Создание технически эффективных форм оболочек без осмысления их художественно-эстетического и структурно-компоновочного потенциала, а также недооценка роли пластического моделирования в сфере архитектурного формообразования привели к тому, что многие важнейшие свойства архитектурных форм СЛО различных классов оказались нераскрытыми. Результат- безликость и однообразие застройки целых городов страны; слабая вузовская подготовка студентов-архитекторов в данной области, а также отсутствие теоретических, экспериментальных и методических разработок по формообразованию СЛО для различных типов зданий и сооружений в научно-исследовательских, проектных и производственных организациях.

Комплекс нераскрытых объективных закономерностей и отсутствие целостной картины формирования различных типов СЛО в архитектуре зданий и сооружений обусловили появление и определили актуальность настоящей работы.

1. Анализ проблемы с позиций компоновочной организации формы позволил определить объективные закономерности и тенденции исторического развития архитектурных форм СЛО. Установлено, что первоначально развитие форм покрытий осуществлялось по следующей схеме: 1-й этап- изобретение и технологическое освоение новой базовой конструктивной формы (различные объемные модификации, планировочные схемы, очерковые кривые); 2-й этап- декоративно-художественная разработка базовой конструктивной формы

(использование различных приемов фактурной, живописной и пластической обработки поверхностей).

На начальных этапах формирования пространственных покрытий параллельно развивались следующие их базовые конструктивные формы: цилиндрические, крестовые, сомкнутые, зеркальные своды с циркульными, параболическими стрельчатыми или коробовыми дугами, а также гладкие и радиально-ребристые купола с циркульным или стрельчатым силуэтом. Не отличались разнообразием и опорные элементы покрытий.

Определена общая схема формирования базовых конструктивных форм покрытий: от стоечно-балочной системы и «ложного свода» - к оболочкам, развивающимся по двум взаимопроникающим направлениям: бескаркасные и каркасные системы.

2. Установлено, что на современном этапе развития составных линейчатых оболочек существует множество базовых конструктивных форм, развивающихся параллельно; при этом результирующие архитектурные сооружения характеризуются иным соотношением конструктивной и декоративной пластики: снижение материалоемкости при увеличении перекрываемого пролета обуславливает образование развитой конструктивной пластики покрытий (волнообразное, ребристое, складчатое поперечное сечение оболочек), обеспечивающей их жесткость и устойчивость; при этом декоративно-пластические приемы практически не используются. Вместе с тем значительное развитие получают опорные элементы составных оболочек.

3. Определены принципиальные способы теоретического и физического моделирования форм бескаркасных и каркасных оболочек, развиваемые отечественными и зарубежными научными школами: трансформация плоскости по линиям сгиба исходной развертки; моделирование оболочек на основе природных аналогов; деформационное и статическое моделирование форм оболочек; аппроксимация гладких поверхностей гранными и наоборот, а также паркетирование поверхностей гладких оболочек; отсечение фрагментов исходных оболочек с последующей переменной их компоновкой, а также сквозное самопересечение элементов исходного объекта; шарнирное преобразование исходной плоской сети; моделирование оболочек путем координатного построения их каркаса над заданной планировочной сетью; моделирование оболочек путем непрерывного или дискретного движения (либо проецирования) заданных геометрических элементов.

4. Установлены основные теоретические закономерности структурно-компоновочной организации СЛО.

Выявлено, что формы данных оболочек характеризуются двумя важнейшими свойствами: а) сетью связей, определяющей топологию и очертание структуры; б) очертанием отсеков линейчатых элемен-

тов, заполняющих ячейки структуры.

Определены особенности моделирования фрактальных складчатых оболочек, имеющих плоскую развертку: а) наличие параллельных или радиальных «полей», составленных из равновеликих элементов; б) кратное последовательное изменение габаритов элементов в смежных «полях» в определенном направлении; в) наличие индивидуальных переходных «поясов» между соседними «полями».

Определены возможности и последовательность модульной компоновки новых изоздральных сферических оболочек из линейчатых элементов четырехугольного, пятиугольного и звездчатого очертания.

Доказана принципиальная возможность построения отсека гиперболического параболоида в произвольном пространственном замкнутом четырехугольном контуре, очерченном прямыми кромками.

5. Сформулированы основные принципы формообразования составных оболочек в архитектуре, определяющие сущность предложенной комплексной теоретической модели структурно-компоновочной организации архитектурных форм СЛО.

ПРИНЦИП ИЕРАРХИИ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ. Любая архитектурная форма оболочки может быть условно расчленена на базовую конструктивную форму (функционально и технически целесообразную структурно-компоновочную схему оболочки, обладающую лишь конструктивной пластикой) и средства ее декоративно-художественной разработки (пластические, колористические, графические, светотехнические). При этом наибольшей архитектурной выразительностью обладают оболочки, сочетающие развитую конструктивную и декоративную пластику.

ПРИНЦИП СТРУКТУРНОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ. Любая регулярная многогранная форма оболочки может быть условно расчленена на «структуру» и «элементы заполнения структуры». При этом «структурой» может быть реальная решетчатая система (в случае моделирования каркасной оболочки) либо граф поверхности оболочки (в случае моделирования бескаркасной ребристой оболочки). «Элементами заполнения» могут быть отсеки (группы отсеков) различных линейчатых поверхностей. {

ПРИНЦИП ИНВАРИАНТНОСТИ. Ячейки одной и той же «структуры» могут быть заполнены различными «элементами» с образованием многочисленных результирующих форм оболочек на одной и той же структурной основе. Таким образом вопрос разнообразия форм оболочек сводится к решению двух задач: а) разработке способов моделирования разнообразных «структур» оболочек; б) варибельному заполнению ячеек полученных «структур» различными «элементами».

ПРИНЦИП СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ. Моделирование «структуры» какой-либо оболочки осуществляется путем преобразования исходной регулярной плоской или пространственной сети-прототипа (в

качестве исходного объекта могут фигурировать плоские изоэдральные и изогональные разбиения, каркасы многогранников, каркасы складчатых и решетчатых систем). Основными видами операций преобразования данных сетей-прототипов являются: а) плоскостная или пространственная шарнирная трансформация; б) деформация связей; в) изменение топологии; г) проецирование центров ячеек, узлов или средин связей нормально аппроксимирующей поверхности.

Принцип этапности преобразований. Каждая конкретная архитектурная форма оболочки является некоторым промежуточным фиксированным вариантом-этапом цепи последовательного преобразования определенных исходных объектов. При этом одна и та же форма оболочки может быть получена различными способами преобразования различных исходных объектов и находится на их пересечении.

Принцип универсальности формы. Одна и та же форма СЛО может быть одинаково эффективной в качестве различных элементов зданий и сооружений, реализуясь при этом в различных материалах и конструкциях, имея различные метрические параметры.

Следовательно, СЛО эффективны (а во многих случаях незаметны) при решении практических любых актуальных архитектурных задач: -реконструкции жилых и промышленных зданий; -облицовке наружных и внутренних поверхностей зданий; -возведении большепролетных покрытий и высотных зданий; -создании малых архитектурных форм, мобильных сооружений и покрытий индивидуальных жилых домов; -создании и корректировке специфического акустического режима зальных помещений и др.

6. В отличие от известных аналоговых моделей, основанных на сетевой аппроксимации предварительно заданной общей формы оболочки с последующим заполнением полученных ячеек многогранниками или линейчатыми отсеками, предложенная комплексная модель предполагает получение различных по очертанию каркасов СЛО с равными сетевыми ячейками без предварительного задания общей формы оболочки, что существенно расширяет диапазон результирующих форм, komponуемых из однотипных модульных элементов, а также позволяет моделировать широкий спектр складчатых оболочек, имеющих плоскую развертку.

Раскрытие возможностей преобразования исходных плоских и пространственных сетей и регулярных дискретных поверхностей различными видами операций, а также варибельного заполнения полученных каркасов оболочек трактуется как развитие научных основ структуралистского направления архитектурного формообразования СЛО различных классов (складчатых систем из линейчатых отсеков: плоских, цилиндрических, конических, гиперболических, коноидальных, геликоидальных; решетчатых систем из пересекающихся стержней или пластин; комбинированных систем).

При этом оперирование объективными характеристиками архитектурной формы создает широкие возможности использования компьютерных средств при решении компоновочных и оптимизационных задач, способствует применению разработанных способов моделирования и предложенных новых типов СЛО в учебном процессе отечественных и зарубежных архитектурных вузов.

7. С использованием совокупности выявленных операций преобразования сетей и предложенных способов пластического моделирования оболочек разработан комплекс новых компоновочных схем СЛО с различным силуэтом, очертанием в плане и разнообразными контурными линиями, но равными сетевыми ячейками, что обуславливает применение модульных элементов заполнения с высокими комбинаторными свойствами, расширяет композиционные возможности переменного взаимодействия объемов оболочек и способствует формированию качественно новой архитектурной среды.

Предложенные способы моделирования новых форм СЛО, комплекс «композиционных матриц» и концептуальные проектные решения позволяют обозначить возможные пути повышения пластической выразительности современной архитектуры, а также стимулировать интерес российских архитекторов к проблемам формообразования и придать творческий импульс научным исследованиям в данной области.

## **БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕРМИНЫ**

**(составлено на основе различных источников)**

**Оболочка**- наружный покров или слой; тело, очерченное двумя граничными поверхностями, которые срезаны контурными поверхностями вдоль контурных кривых; в настоящей диссертации- весь комплекс несущих и ограждающих систем, формирующих лицевые поверхности экстерьера и интерьера здания, конструктивная толщина которых несоизмерима с его основными габаритами.

**Форма** (от лат. «forma»)- очертание)- тополого-геометрический образ объекта с фиксированной взаимосвязью, очертанием и метрическими параметрами (линейными, угловыми) элементов его структуры- узлов, связей, ячеек, контурных кривых, отсеков поверхностей и др. Перед **архитектурной формой** ставится задача достижения прогнозируемого визуального эффекта, определяющего эмоциональную оценку воспринимаемого объекта.

**Конструкция**- вариант конкретной материальной организации заданной формы, обеспечивающей ее эффективное функционирование (прочностное, акустическое, светотехническое, аэрационное, кинематическое и др.).

**Компоновка**- пространственное взаимодействие (взаиморасположение) элементов какой-либо системы; топологическая организация составной формы (родственна понятию «композиция»).

**Композиция** (от лат. «compositio»)- совместное расположение)- совокупность элементов, составленных в некое целое, создающая определенное эмоциональное воздействие («художественная компоновка»).

**Структура** (от лат. «строение»)- совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе (сохранение основных свойств) при различных внешних и внутренних изменениях.

**Система** (от греч. «целое, составленное из частей»)- совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность.

**Симметрия** (от греч. «соразмерность»)- понятие, характеризующее переход объектов в самих себя или друг в друга при осуществлении над ними определенных преобразований (движений).

**Топология**- наука о наиболее общих закономерностях строения и преобразования различных форм при сохранении их заданной внутренней структуры, но без учета их конкретных метрических параметров; так называемая «геометрия непрерывности».

**Линейчатый**- образованный непрерывным или прерывистым движением прямой линии.

**Моделирование**- получение и фиксация (обозначение) новых форм аналитическими, графическими или физическими способами (приемами); приближенное воспроизведение (копирование, имитация) какого-либо реального объекта путем создания его масштабной копии (образца).

**Дискретный**- составленный из отдельных элементов, прерывистый, негладкий.

**Изоэдральный**- составленный из равных многоугольников (равноячеистый).

**Разбиение**- ячеистое (сетчатое) членение (подразделение) какой-либо поверхности.

**Фрактальный**- составленный из самоподобных элементов, расположенных по принципу равномерного (кратного) убывания (возрастания) их габаритов.

**Аппроксимация**- приближение; замена какой-либо поверхности (линии) совокупностью составленных элементов, приближающуюся по очертанию к исходной поверхности (линии).

**Геодезическое разбиение**- ячеистое (сетчатое) подразделение какой-либо поверхности, составленное из геодезических линий- кратчайших линий по данной поверхности между узлами сети.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### СПИСОК ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

#### I. Персональные авторские работы:

1. Коротич А. В. Составные оболочки на основе сферических разбиений.-Жилищное строительство, 2002, № 1, с. 13-14, ил.
2. Коротич А. В. Модель архитектурного формообразования составных оболочек.-Жилищное строительство,2002,№2,с.18-19,ил.
3. Коротич А. В. Принципы формообразования оболочек в архитектуре.-Жилищное строительство, 2003,№ 8, с. 13-15, ил.
4. Коротич А. В. Многогранные оболочки.- Жилищное строительство, 2003,№12,с.9-11,ил.
5. Коротич А. В. Вектор архитектурного творчества.- Жилищное строительство, 2004,№ 1, с. 19-21, ил.
6. Коротич А. В. Комбинаторное формообразование составных покрытий на основе оболочек-гипаров,- Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура, 1990, № 9, с.47-52, ил.
7. Коротич А. В. Некоторые способы геометрического конструирования оболочек отрицательной гауссовой кривизны.- Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура, 1990, №6, с. 45-49, ил.
8. Коротич А. В. Геометрическая классификация складчатых систем - В кн.: Инженерно-технические вопросы архитектурного проектирования.- М.: 1985.-с. 135-140, ил.
9. Коротич А. В. Строительная панель.- Информац. листок Свердловского ЦНТИ, 1986, № 86-24.
10. Коротич А. В. Теоретические основы архитектурного формообразования составных линейчатых оболочек.- Известия высших учебных заведений. Строительство, 1996,№ 11, с. 116-120, ил.
11. Коротич А. В. Формирование составных линейчатых оболочек в архитектуре.- Известия высших учебных заведений. Строительство, 1997, № 1-2, с.97-102, ил.
12. Коротич А. В. Составные линейчатые оболочки- важнейший компонент современных архитектурных форм / Материалы международной научной конференции «Архитектура и рынок (проблемы профессии и архитектурно-художественного образования)».- Екатеринбург. Изд.УГАХА «Архитектон»,1996, с.183.
13. Коротич А. В. Принципы формообразования составных линейчатых оболочек в архитектуре / Монография - Деп. в ВИНТИ;

- № 2218- ВОО; от 10.08.2000г. - 223 с, ил.
14. Коротич А. В. Новые способы моделирования составных линейчатых оболочек.- Деп. в ВИНИТИ; № 2529- В96; от 24.07. 96г.- 10с, ил.
  15. Коротич А. В. Теоретические основы формообразования составных линейчатых оболочек.- Деп. в ВИНИТИ; № 2530- В96; от 24.07.96г.-11с, ил.
  16. Коротич А. В. Формирование составных линейчатых оболочек в архитектуре.- Деп. в ВИНИТИ; № 2531- В96; от 24.07. 96г.-11с, ил.
  17. А. с. 1070285 (СССР). Строительная панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1984, №4, МКИЕ04С2/32.
  18. А. с. 1362800 (СССР). Покрытие / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1987, №48, МКИЕ04В7/12.
  19. А. с. 1472601 (СССР). Складчатый свод / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 14, МКИЕ04В7/06.
  20. А. с. 1472603 (СССР). Сводчатое покрытие / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 14, МКИЕ04В7/08.
  21. А. с. 1472604 (СССР). Складчатый купол / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 14, МКИЕ04В7/08.
  22. А. с. 1472602 (СССР). Куполообразное покрытие / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 14, МКИЕ04В7/08.
  23. А. с. 1606630 (СССР). Куполообразное сооружение / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1990, № 42, МКИЕ04В7/08.
  24. А. с. 1604954 (СССР). Куполообразное покрытие / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1990, № 41, МКИЕ04В7/08.
  25. А. с. 1702534 (СССР). Строительный элемент / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1991, № 48, МКИЕ04В7/08.
  26. А. с. 1613554 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1990, № 46, МКИЕ04С2/32.
  27. А. с. 1625968 (СССР). Заполнитель ячеистых панелей / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1991, № 5, МКИЕ04С2/32.
  28. А. с. 1689553 (СССР). Криволинейная панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1991, № 41, МКИЕ04С2/32.
  29. А. с. 1477874 (СССР). Ячеистая панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 17, МКИЕ04С2/32.
  30. А. с. 1742434 (СССР). Заполнитель слоистых панелей / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1992, № 23, МКИЕ04С2/32.
  31. А. с. 1537778 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1990, № 3, МКИЕ04С2/32.
  32. А. с. 1604958 (СССР). Арматурный элемент / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1990, № 41, МКИЕ04С5/03.

33. А. с. 1597429 (СССР). Арматурный элемент / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1990, №37, МКИ E04C 5/03.
34. А. с. 1527391 (СССР). Гофрированный лист / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 45, МКИ E04C 2/32.
35. А. с. 1527395 (СССР). Арматурный элемент / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 45, МКИ E04C 5/03.
36. А. с. 1573119 (СССР). Сотовый наполнитель панелей / Коротич А. В. - Оpubл. в Б.И., 1990, №23, МКИ E04C 2/36.
37. А. с. 1555448 (СССР). Наполнитель слоистой панели / Коротич А. В. - Оpubл. в Б.И., 1990, № 13, МКИ E04C 2/32.
38. А. с. 1645418 (СССР). Способ изготовления опалубки гиперболических оболочек / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1991, № 16, МКИ E04C 11/04.
39. А. с. 1483028 (СССР). Способ образования криволинейной складчатой поверхности / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 20, МКИ E04B 7/08.
40. Свид. 28106 (СССР). Складчатое сооружение (два варианта) / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1990, №3, МКПО 25-03.
41. Свид. 27711 (СССР). Панель (два варианта) / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1990, №2, МКПО 25-01.
42. Свид. 27710 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1990, №2, МКПО 25-01.
43. Свид. 27709 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1990, №2, МКПО 25-01.
44. Свид. 27707 (СССР). Панель (два варианта) / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1990, №2, МКПО 25-01.
45. Свид. 22239 (СССР). Складчатое сооружение / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1988, №2, МКПО 25-03.
46. Свид. 18387 (СССР). Крыша для малых архитектурных форм (два варианта) / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пром.обр., 1986, № 1, МКПО 25-03.
47. Свид. 16026 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б. Пр.обр., 1984, №3, МКПО 25-01.
48. Свид. 16235 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1984, №4, МКПО 25-01.
49. Свид. 16236 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1984, №4, МКПО 25-01.
50. Свид. 31898 (СССР). Рельефная отделочная панель / Коротич А. В. - Оpubл. в Б.Пр.обр., 1991, №4, МКПО 25-01.
51. Свид. 31899 (СССР). Панель (два варианта) / Коротич А. В.-

- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №4, МКПО 25-01.
52. Свид. 31900 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №4, МКПО 25-01. .
  53. Свид. 31886 (СССР). Панель гофрированная / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №4, МКПО 25-01.
  54. Свид. 31884 (СССР). Панель облицовочная (два варианта) / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №4, МКПО 25-01.
  55. Свид. 30063 (СССР). Панель рельефная / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №2, МКПО 25-01.
  56. Свид. 30059 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №2, МКПО 25-01.
  57. Свид. 30058 (СССР). Панель (два варианта) / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №2, МКПО 25-01.
  58. Свид. 30060 (СССР). Панель / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №2, МКПО 25-01.
  59. Свид. 30061 (СССР). Плита облицовочная (два варианта) / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №2, МКПО 25-01.
  60. Свид. 30065 (СССР). Плитка облицовочная / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №2, МКПО 25-01.
  61. Свид. 30075 (СССР). Навес / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №3, МКПО 25-03.
  62. Свид. 31070 (СССР). Плитка-решетка / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №3, МКПО 25-01.
  63. Свид. 31885 (СССР). Панель облицовочная / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №4, МКПО 25-01.
  64. Свид. 31069 (СССР). Плитка облицовочная / Коротич А. В. - Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №3, МКПО 25-01.
  65. Свид. 31067 (СССР). Плитка облицовочная (два варианта) / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №3, МКПО 25-01.
  66. Свид. 30066 (СССР). Плита-решетка (два варианта) / Коротич А. В. - Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №2, МКПО 25-01.
  67. Свид. 31074 (СССР). Панель ячеистая / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №3, МКПО 25-01.
  68. Свид. 31903 (СССР). Покрытие архитектурных сооружений- малая форма / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №4, МКПО 25-03.
  69. Свид. 31065 (СССР). Плитка / Коротич А. В.- Опубл. в Б.Пр.обр., 1991, №3, МКПО 25-01.
  70. Свид. 31068 (СССР). Плитка-решетка / Коротич А. В.- Опубл. в

Б.Пр.обр., 1991, № 3, МКПО 25-01.

II. Работы, опубликованные в соавторстве;

71. Bagina H., Korotich An. The crystal dome in the sky.- Proceedings of «EASA - 92».- Urgup, Turkey, 1992.- s.21, il.
72. Коротич А. В., Титов С. С. Геометрическое конструирование архитектурных форм с заданным контуром.- Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура, 1990, № 2, с.57-62,ил.
73. Коротич А. В., Жукова Н. К. Испытание моделей складчатых покрытий на аэродинамическую обтекаемость и характер распределения снеговой нагрузки.- Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура, 1989, №9, с.47-51, ил.
74. Поздников В. М., Коротич А. В. Критерии оценки вариантов складчатых трансформируемых листов многослойных панелей.- В кн.: Исследования пространственных конструкций. Вып.5.- Свердловск, 1985.-с. 134-139, ил.
75. Коротич А. В., Коротич Е. С. Укрытие для сельскохозяйственной техники.- Каталог проектов и работ: архитектурно-бионические конструктивные формы для сельских производственных зданий.-М.: Госстрой СССР, 1985.- с. 6, ил.
76. Коротич А. В., Коротич Е. С, Поздников В. М. Двухслойный профилированный настил.- Информац. листок Свердловского ЦНТИ, 1984, №84-71.
77. Коротич А. В., Коротич Е. С, Поздников В. М. Панель с профилированным листом.- Информац. листок Свердловского ЦНТИ, 1984, №84-72.
78. Коротич А. В., Сополько Ю. Л. Складчатое покрытие.- Информац. листок Свердловского ЦНТИ, 1986, № 86-22.
79. Коротич А. В., Коротич Е. С. Складчатый свод.- Информац. листок Свердловского ЦНТИ, 1986, №86-25.
80. Коротич А. В., Знаменский В. И. Ячеистая панель.- Информац. листок Свердловского ЦНТИ, 1986, № 86-26.
81. Иванов В. М., Коротич А. В., Титов С. С. Геометрическое конструирование и анализ элементов архитектурных оболочек.- В кн.: Проблемы теоретической и прикладной математики. Изд. УрО АН СССР.- Свердловск, 1990.- с. 75.
82. А. с. 1000531 (СССР). Складчатый свод / Коротич А. В., Коротич Е. С.- Оубл. в Б.И., 1983, № 8, МКИ E04B 7/14.
83. А. с. 1411406 (СССР). Пространственное покрытие / Коротич А. В.,

- Трущев А. Г.- Оpubл. в Б.И., 1988, №27, МКИ E04B 7/10.
84. А. с. 1411405 (СССР). Складчатое покрытие / Коротич А. В., Трущев А. Г., Жукова Н. К.- Оpubл. в Б.И., 1988, № 27, МКИ E04 B 7/10.
85. А. с. 1370200 (СССР). Складчатый свод / Коротич А. В., Трущев А. Г.- Оpubл. в Б.И., 1988, №4, МКИ E04B 1/32.
86. А. с. 1362799 (СССР). Структурная плита покрытия / Трущев А. Г., Коротич А. В., Симкин С. В.- Оpubл. в Б.И., 1987, № 48, МКИ E04B 7/00.
87. А. с. 1366610 (СССР). Радиальное покрытие / Коротич А. В., Трущев А. Г.- Оpubл. в Б.И., 1988, №2, МКИ E04B 7/10.
88. А. с. 1090814 (СССР). Складчатый свод из складок переменного профиля / Коротич А. В., Сопотко Ю. Л.- Оpubл. в Б.И., 1984, № 17, МКИ E04B 1/32.
89. А. с. 990993 (СССР). Трансформируемое покрытие / Коротич А. В., Коротич Е.С.- Оpubл. в Б.И., 1983, №3, МКИ E04B 7/10.
90. А. с. 1497362 (СССР). Строительный элемент / Коротич А. В., Титов С. С- Оpubл. в Б.И., 1989, № 28, МКИ E04B 7/08.
91. А. с. 1650883 (СССР). Консольное радиальное покрытие / Коротич А. В., Трущев А. Г.- Оpubл. в Б.И., 1991, № 19, МКИ E04B 7/10.
92. А. с. 975960 (СССР). Панель / Коротич А. В., Коротич Е. С, Поздникин В. М.- Оpubл. в Б.И., 1982, №43, МКИ E04C 2/32.
93. А. с. 975961 (СССР). Панель / Коротич А. В., Поздникин В. М., Коротич Е. С- Оpubл. в Б.И., 1982, №43, МКИ E04C 2/36.
94. А. с. 1609905 (СССР). Пространственное покрытие / Коротич А. В., Иванов В. М.- Оpubл. в Б.И., 1990, №44, МКИ E04B 7/08.
95. А. с. 1530714 (СССР). Гофрированный лист / Коротич А. В., Знаменский В. И.- Оpubл. в Б.И., 1989, № 47, МКИ E04C 2/32.
96. А. с. 1120078 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И. - Оpubл. в Б.И., 1984, №39, МКИ E04C 2/36.
97. А. с. 1096354 (СССР). Ячеистый лист/ Коротич А. В., Поздникин В. М.- Оpubл. в Б.И., 1984, №21, МКИ E04C 2/32.
98. А. с. 1435727 (СССР). Арматурный элемент / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г., Панкращенко Н. Ф.- Оpubл. в Б.И., 1988, №41, МКИ E04C5/03.
99. А. с. 1368402 (СССР). Складчатый лист криволинейного очертания / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б.И., 1988, №3, МКИ E04C 2/32.
100. А. с. 1404611 (СССР). Строительная панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б. И., 1988, №23, МКИ E04C 2/36.

101. А. с. 1154022 (СССР). Способ изготовления двоякофривированных панелей и устройство для его осуществления / Урицкий В. Г., Знаменский В. И., Коротич А. В., Козырев В. И., Смирнов А. С, Панкращенко Н. Ф.- Оpubл. в Б.И., 1985, № 17, МКИ В21D 13/00.
102. Свид. 22882 (СССР). Панель (и два варианта) / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б. Пр.обр., 1988, №2, МКПО 25-01.
103. Свид. 27713 (СССР). Панель (два варианта) / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г., Панкращенко Н. Ф.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1990, № 2, МКПО 25-01.
104. Свид. 22883 (СССР). Составная балка / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г., Панкращенко Н. Ф.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1988, № 2, МКПО 25-01.
105. Свид. 25003 (СССР). Панель профилированная / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б. Пр.обр., 1989, № 3, МКПО 25-01.
106. Свид. 25004 (СССР). Панель-решетка / Коротич А. В., Кильмухаметов У. Б.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1989, №4, МКПО 25-01.
107. Свид. 21063 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1987, № 2, МКПО 25-01.
108. Свид. 25007 (СССР). Плита облицовочная / Коротич А. В., Смолев В. М., Шайхединов К. М.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1989, № 4, МКПО 25-01.
109. Свид. 25009 (СССР). Плита облицовочная (и четыре варианта) / Коротич А. В., Кильмухаметов У. Б.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1989, №4, МКПО 25-01.
110. Свид. 25005 (СССР). Панель-решетка / Коротич А. В., Кильмухаметов У. Б.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1989, №4, МКПО 25-01.
111. Свид. 21646 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1987, № 4, МКПО 25-01.
112. Свид. 21648 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Козырев В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б. Пр.обр., 1987, №4, МКПО 25-01.
113. Свид. 35859 (СССР). Панель коньковая для кровли / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г., Панкращенко Н. Ф., Якимов С. М.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1993, № 5, МКПО 25-01.
114. Свид. 35858 (СССР). Панель кровельная (два варианта) / Коротич А. В., Знаменский В. И., Урицкий В. Г., Смирнов А. С,

- Панкращенко Н. Ф., Якимов С. М.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1993, № 5, МКПО 25-01.
115. Свид. 18722 (СССР). Панель (два варианта) / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б. Пр.обр., 1986, №2, МКПО 25-01.
116. Свид. 18385 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1986, № 1, МКПО 25-01.
117. Свид. 18386 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1986, № 1, МКПО 25-01.
118. Свид. 16234 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Урицкий В. Г., Смирнов А. С- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1984, № 3, МКПО 25-01.
119. Свид. 21647 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Козырев В. И., Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б. Пр.обр., 1987, №4, МКПО 25-01.
120. Свид. 16318 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1984, № 3, МКПО 25-01.
121. Свид. 21652 (СССР). Панель / Коротич А. В., Знаменский В. И., Урицкий В. Г., Смирнов А. С- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1987, №4, МКПО 25-01.
122. Свид. 21654 (СССР). Панель облицовочная / Коротич А. В., Знаменский В. И., Смирнов А. С, Урицкий В. Г.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1987, №4, МКПО 25-01.
123. Свид. 22884 (СССР). Структурная плита / Коротич А. В., Устюжанина Н. Н.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1988, №2, МКПО 25-01.
124. Свид. 31883 (СССР). Плита лицевая / Коротич А. В., Ахмадулин В. Х.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1991, №4, МКПО 25-01.
125. Свид. 30064 (СССР). Плита-решетка / Коротич А. В., Кильмухаметов У. Б.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1991, №2, МКПО 25-01.
126. Свид. 26334 (СССР). Плита структурная / Коротич А. В., Кильмухаметов У. Б.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1989, №4, МКПО 25-01.
127. Свид. 31076 (СССР). Панель облицовочная (два варианта) / Коротич А. В., Акулов Н. Д., Цыбин В. А.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1991, №3, МКПО 25-01.
128. Свид. 31075 (СССР). Лист гофрированный (два варианта) / Коротич А. В., Акулов Н. Д., Цыбин В. А., Якимов С. М.- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1991, №3, МКПО 25-01.
129. Патент 44657 (Россия). Панель кровельная / Коротич А. В., Смирнов А. С- Оpubл. в Б.Пр.обр., 1998, №4, МКПО 25-01.

III. Публикации концептуальных проектных решений автора:

130. Коротич А. В. Ключ к разнообразию городской архитектуры. - «Строительный вестник», №№ 7-8, 1998. - с. 18, ил.
131. Коротич А. В. Формы новой архитектуры.- «Строительный вестник», №№ 9-10, 1998.-с. 19, ил.
132. Коротич А. В. Малые архитектурные формы в городской среде: проблемы и перспективы.- «Строительный вестник», №№ 11-12, 1998.-с. 7, ил.
133. Коротич А. В. Форма в интерьере: стандарт и своеобразие.- «Строительный вестник», №№ 11-12, 1998.-е. 20, ил.
134. Коротич А. В. Гиперболические оболочки: архитектурные формы завтрашнего дня.- «Строительный вестник- Домострой», № 1, 1999.-е. 17, ил.
135. Коротич А. В. Стиль экзотической архитектуры- вдохновение от природы.- «Строительный вестник- Домострой», № 2, 1999.- с. 9, ил.
136. Коротич А. В. Малые архитектурные формы: новые грани выразительности.- «Строительный вестник- Домострой», № 2, 1999.- с. 8, ил.
137. Коротич А. В. Рельеф в архитектуре.- «Строительный вестник- Домострой», № 3, 1999.- с. 9, ил.
138. Коротич А. В. Структуры и орнамент.- «Строительный вестник- Домострой», №3, 1999.-е. 10, ил.
139. Коротич А. В. Потолок как самостоятельный объект архитектурного творчества,- «Строительный вестник- Домострой», № 3, 1999.-с. 11, ил.
140. Коротич А. В. Технология выразительности.- «Строительный вестник-Домострой», №4, 1999.-е. 18-19, ил.
141. Коротич А. В. Линейчатые оболочки: экспрессия плюс технологичность.- «Строительный вестник-Домострой», № 5, 1999.- с. 10-11, ил.
142. Коротич А. В. Покрытие: форма плюс материал.- «Строительный вестник-Домострой», № 6, 1999.- с. 6-7, ил.
143. Коротич А. В. Геометрическая палитра архитектора.- «Строительный вестник- Домострой», № 7, 1999.- с. 10, ил.
144. Коротич А. В. Новые типы сферических разбиений.- «Гарант-Универсаль», № 2, 2000.- с. 13, ил.
145. Коротич А. В. Модуль и ритм в структуре оболочек.- «Гарант-Универсаль», № 2, 2000.- с. 14, ил.
146. Коротич А. В. Кристалл в архитектуре.- «Гарант-Универсаль», № 3, 2000.- с. 9, ил.
147. Коротич А. В. Новые технологии моделирования архитектурных

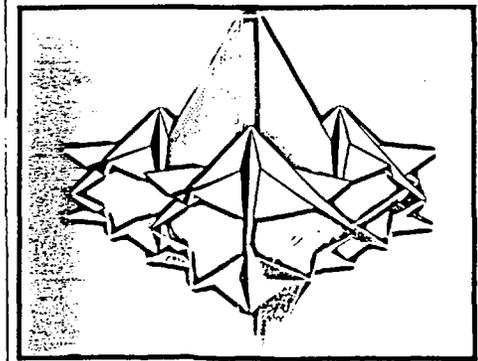
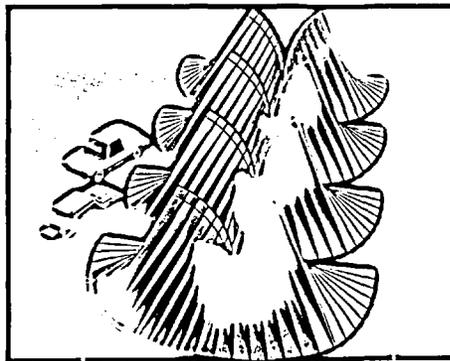
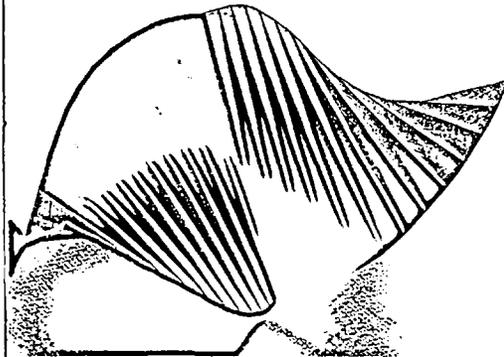
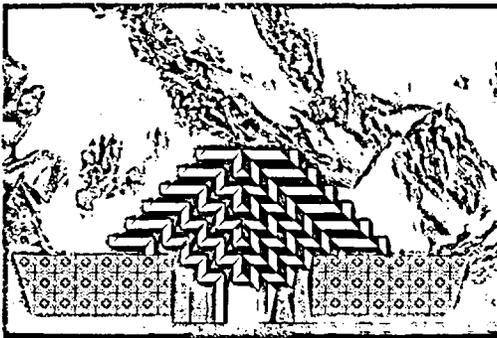
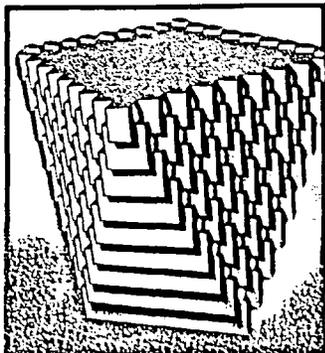
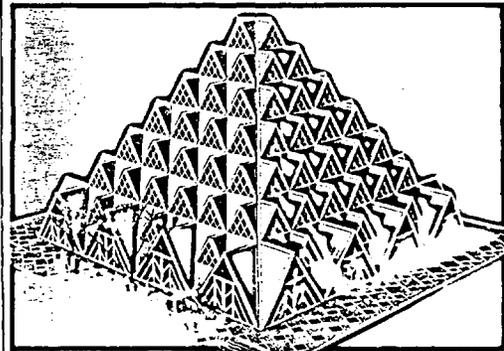
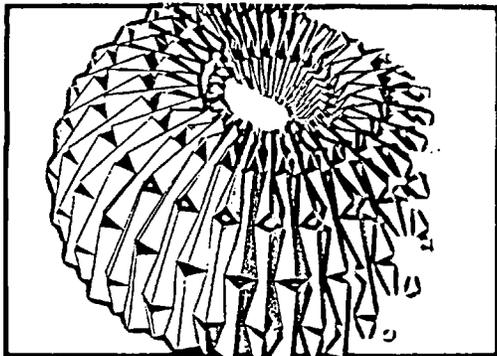
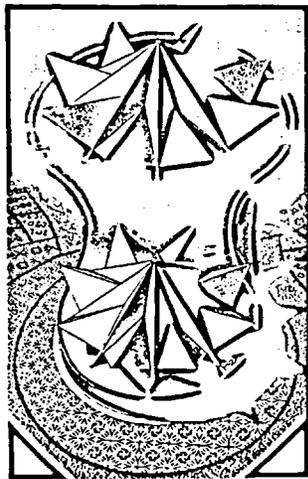
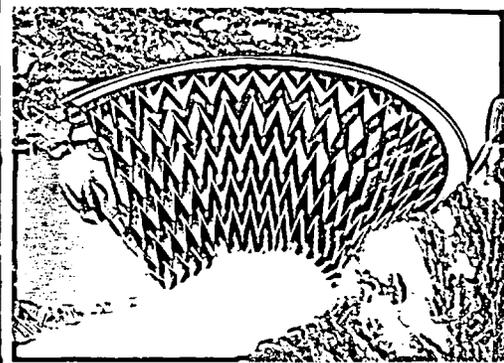
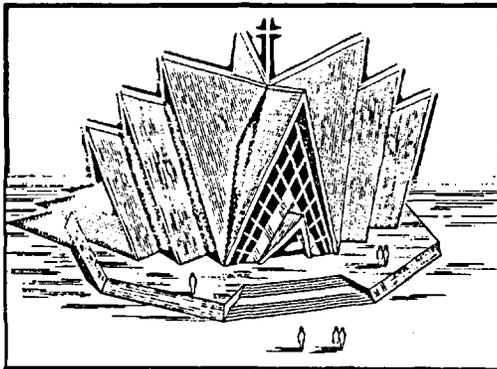
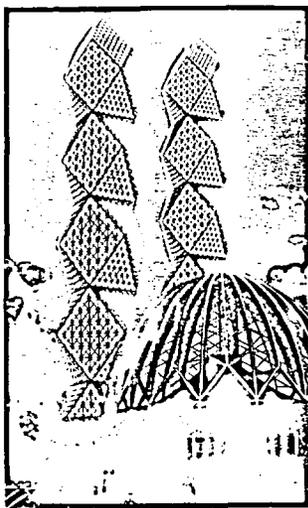
- форм.- «Гарант-Универсаль», № 3, 2000.- с. 10-11, ил.
148. Коротич А. В. Архитектурная форма и образ.- «Гарант-Универсаль», № 4, 2000.- с. 9, ил.
149. Коротич А. В. Архитектурные детали сооружений и оболочек.- «Гарант-Универсаль», №7, 2000.-е. 14-16, ил.
150. Коротич А. В. Перспективные архитектурные формы в городской среде.- «Известия» от 03.04.1998; № 61 (25161)- с. 4, ил.

**НЕКОТОРЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ.  
ВЫПОЛНЕННЫЕ СОИСКАТЕЛЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Реконструкция конвертерного цеха на Нижне-Тагильском металлургическом комбинате (г. Нижний Тагил)-1995 г.
2. Складской комплекс на Нижне-Тагильском металлургическом комбинате (г. Нижний Тагил)-1980 г.
3. Интерьер станции «Бажовская» Свердловского метрополитена (г. Екатеринбург; в соавт. с Никифоровым Ю.А., Зиганшиным С.У., Грюнбергом К.В.)-1995 г.
4. Комплекс павильонов с кафе (г. Екатеринбург)-1997 г.
5. Торговый комплекс «Пирамида» (г. Екатеринбург)-1998 г.
6. Ресторан на оз.Траунзее (г.Траункирхен, Австрия)-1992 г.
7. Плотина «Каскад» на р. Парана (Бразилия)-1995 г.
8. Отель «Гималаи» (г. Катманду, Непал)-1995 г.
9. Индивидуальный жилой дом (г. Новый Уренгой)- 2003 г.
10. Офисное здание (г. Екатеринбург)- 2003 г.
11. Летнее кафе (г. Гмунден, Австрия)-1994 г.
12. Комплекс сооружений христианских миссий (Ватикан)-1998 г.
13. Ритуальный комплекс (г. Лхаса, Китай)-1995 г.
14. Центр современного искусства (г. Мехико, Мексика)-1995 г.
15. Торговый центр (г. Катманду, Непал)-1995 г.
16. Комплекс пленочных градилен (г. Екатеринбург, в соавт. с Савельевым Ю.Л.)-1993 г.
17. Торговый комплекс «Хрусталь» (г. Екатеринбург)-1998 г.
18. Автосалон (г. Екатеринбург)-1998 г.
19. Реконструкция главного корпуса Свердловского завода трансформаторов тока (г. Екатеринбург)-1999 г. Мансарда пролетом 18 м и общей площадью 1250 кв.м возведена в 2001-2002 гг.
20. Жилой многоэтажный дом (г. Екатеринбург)-1999 г.
21. Реконструкция пятиэтажного панельного дома с возведением мансарды (г. Екатеринбург)- 2000 г.
22. Реконструкция кровли здания компании «Ураптрансгаз» (г. Екате-

ринбург)-1999 г.

23. Скейт-парк (г. Екатеринбург)-1999 г.
24. Павильон фирмы «А-Квадрат» (г. Екатеринбург)-1999 г.
25. Католический собор (г. Екатеринбург)- 2000 г.
26. Павильон «Форвард-94» (г. Екатеринбург)- возведен в 1997 г.
27. Павильон «Морион-3» (г. Екатеринбург)- возведен в 1998 г.
28. Павильон «ОПТО» (г. Екатеринбург)- возведен в 1998 г.
29. Павильон «Pepsi-Cola» (г. Екатеринбург)- возведен в 1998 г.
30. Павильон «Nestle» (г. Екатеринбург)- возвед. 12 объектов в 1998 г.
31. Торговый комплекс (г. Березовский)- возведен в 1998 г.
32. Складчатый акустический потолок Камерного театра (г. Екатеринбург, в соавт. с Пташником А.А.)- возведен в 1997 г.
33. Интерьер холла Государственной уральской педагогической академии (г. Екатеринбург)- возведен в 1990 г.
34. Международный ювелирный центр (г. Екатеринбург)- 2001 г. Нулевой цикл и монолитный каркас двух этажей завершены в 2003 г.
35. Административно-производственное здание (г. Екатеринбург)- 2001 г.
36. Индивидуальный жилой дом (г. Лоцвил, Швейцария)- 2002 г.
37. Индивидуальный жилой дом (г. Дахштайн, Австрия)- 2002 г.
38. Индивидуальный жилой дом (ОАЭ)- 2002 г.
39. Торговый центр «Сапфир» (г. Екатеринбург)- 2002 г.
40. Автопаркинг с автосалоном (г. Екатеринбург)- 2002 г.
41. Выставочный комплекс «Экспоцентр» (г. Екатеринбург)- 2002 г.
42. Гостиничный комплекс (г. Екатеринбург)- 2003 г.
43. Деловой центр «Хрустальные башни» (г. Екатеринбург)- 2002 г.
44. Спортивный комплекс (г. Екатеринбург)- 2003 г.
45. Культурно-этнографический центр (г. Каир, Египет)- 2002 г.
46. Здание банка (г. Куала-Лумпур, Малайзия)- 2002 г.
47. Здание банка (г. Шанхай, КНР)- 2002 г.
48. Здание банка (ОАЭ)- 2002 г.
49. Зонтичные навесы летнего кафе (г. Гмунден, Австрия)- 2002 г.
50. Общественный центр (г. Мемфис, США; в соавт. с Коротичем М. А.)- 2003 г.



Некоторые проектные предложения автора



Тираж 100 экз. Заказ № 57  
Объем 2 п.л. Отпечатано: АСМ электроника,  
г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 1

P-5155