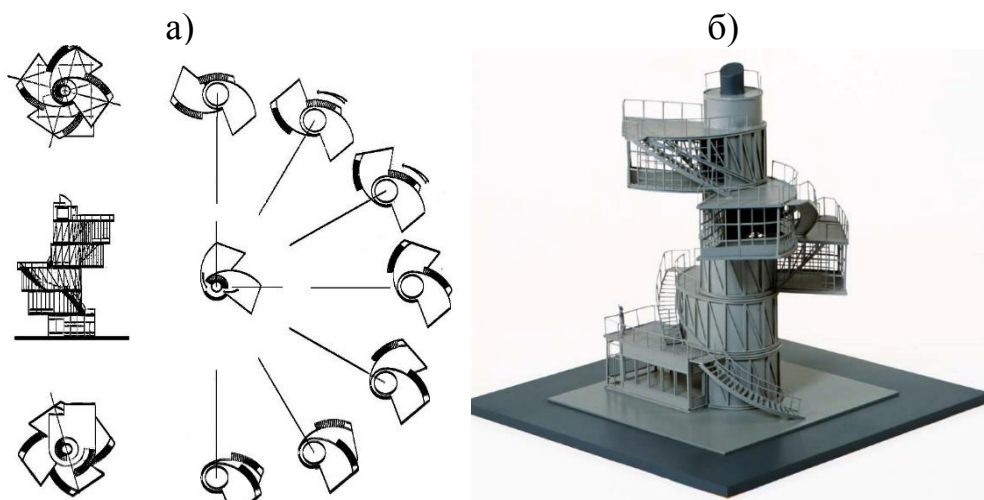


ПРОТОТИП СЕГМЕНТА КИНЕТИЧЕСКОГО ФАСАДА

Кинетическая архитектура (от греческого слова κίνησις – «движение») – это своего рода искусство проектирования зданий таким образом, чтобы элементы конструкции двигались относительно друг друга, не нарушая целостности [1]. Визуальная трансформация не скрыта во внутренних инженерных коммуникациях, она доступна для зрителя.

Здания со сложной кинетической системой появились только в XX веке. Ключевой стала книга "Архитектурные фантазии: 101 композиция" Якова Чернихова, где рассматривались технические возможности подвижных зданий. Первыми экспериментами проектирования подвижных зданий являются башня III Интернационала Владимира Татлина, здание газеты "Ленинградская правда" Константина Мельникова (рисунок 1а, б) [2].



а) – вид сверху, вращение этажей, фасад; б) – 3D-макет
Рисунок 1 – Концептуальные чертежи и макет здания газеты

Кинетические элементы в архитектуре используют по нескольким причинам. Первая – это преобразование природной энергии (солнечный свет, воздушные потоки) в движущую силу архитектуры. Последними примерами таких проектов являются: восемь зелёных башен Винсента Каллебо, Bio Intelligent Quotient House в Гамбурге, параметрические башни VERTO и так далее [3,4].

Во-вторых, потребность человека в изменениях.

В-третьих, зрелищность таких строений. К наиболее ярким и удивительным проектам можно отнести институт арабского мира от Жана Нувеля (Франция, Париж), постройка «Burke Brisesoleil» в художественном музее Милуоки, художественный центр The Shed / The Bloomberg Building (Diller Scofidio + Renfo. Rockwell Group, Нью-Йорк, США), Modulofts – здание с выдвигаемыми стенами (Fouad Samara Architects, Бейрут, Ливан) (рисунок 2), павильон MegaFace (Сочи, Россия) и многие другие [5, 6].



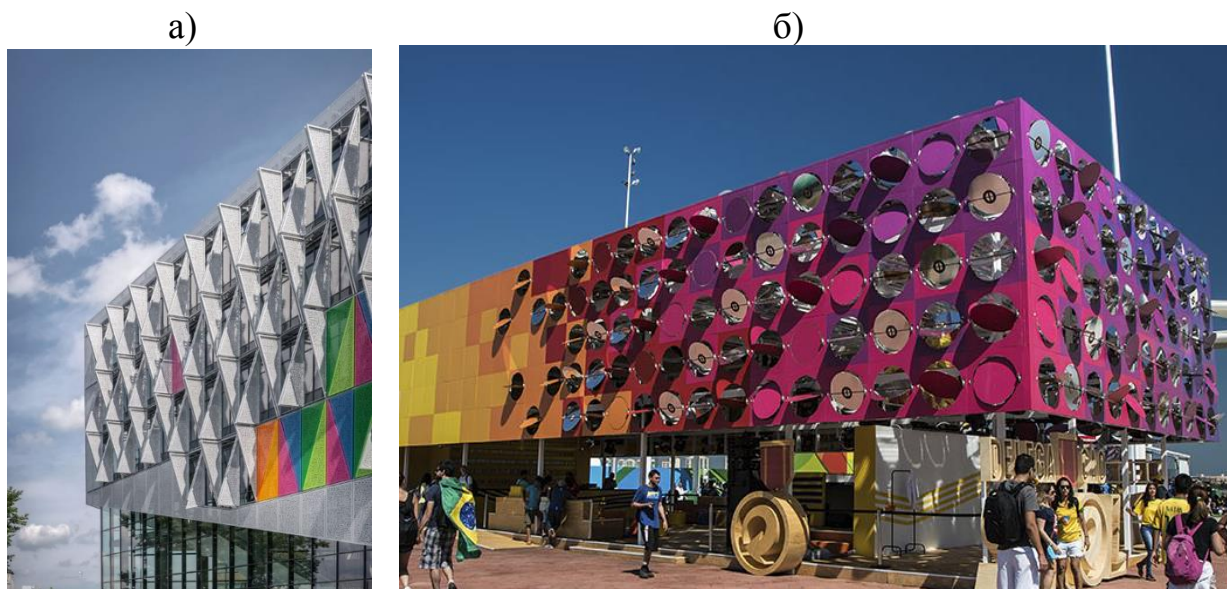
Рисунок 2 – Здание с выдвижными стенами

К началу XXI века сформировались несколько типов кинетической архитектуры:

- динамичные функциональные строения;
- здания-трансформеры;
- динамичные фасады;
- комбинированный тип.

Динамичные функциональные строения способны трансформироваться в зависимости от своего назначения. Примерами такого рода сооружений чаще являются разводные мосты (Веерный мост в Лондоне, Knight Architects) или здания с выдвижной крышей (стадион «Фишт», Сочи, Деймон Лавель и Poroulous). Здания-трансформеры меняют свою внешнюю форму, например стеклянная теплица Glasshouse (спроектирована Heatherwick Studio, поместье Woolbeding), Ballet Mecanique (Manuel Herz Architects, Цюрих, Швейцария). Динамичные фасады создают движение на поверхности здания: павильон One Ocean (SOMA для выставки EXPO 2012), университет Южной Дании (Henning Larsen Architects) (рисунок 3а), постройка The Dancing Pavilion для Олимпиады-2016 (Estudio Guto Requena, Рио-де-Жанейро, Бразилия) (рисунок 3б) [7]. Комбинированный тип сочетает все вышеперечисленные виды кинетической архитектуры в сочетании с энергоэффективными достижениями науки и техники.

Кинетические фасадные системы подстраиваются под индивидуальные требования заказчиков. Преимуществами таких фасадов являются: улучшение инсоляционных свойств, организация естественной вентиляции, дополнительная защита от шума, способность самостоятельно вырабатывать энергию для автономного питания. Кинетические структуры могут использоваться в качестве перегородок в интерьере, существовать как облицовка стены или уникальная инсталляция в помещении. Также могут создавать уникальный многофункциональный дизайн как решение для зон с ограниченным пространством. Кинетические структуры разделяют по типам трансформаций на скользящие, складные, вращательные, открывающие-закрывающие. К реагирующим компонентам относятся сетевые датчики и приводы, отслеживающие параметры окружающей среды и автоматизацию управления функциональных элементов здания.



а) – университет Южной Дании; б) – постройка *The Dancing Pavilion*
Рисунок 3 – Здания с динамическими фасадными системами

Множество проектов остаются нереализованными за счёт их дороговизны и сложности воплощения, но, несмотря на это, кинетическая архитектура продолжает становиться всё более востребованной и распространённой. Внедрение кинетических элементов в архитектуру общественных пространств предоставляет возможность сделать их более доступными, интерактивными, инклюзивными и удобными для пользователей. Используя инновационные технологии, в здания с давнего времени включали движущиеся элементы. Эти простые вмешательства, такие как эскалаторы, лифты, автоматические двери и многие другие, проложили путь к созданию различных кинетических структур, направленным на архитектурно-художественное наполнение городов. Кинетическая архитектура не просто вызывает интерес и восторг, а побуждает людей к дальнейшему взаимодействию с их окружением. Возможность взаимодействовать и манипулировать сообщает пользователям о том, что их потребности и желания вносят существенный вклад в архитектурную среду их сообществ. Потенциал кинетических структур огромен, а с применением их в архитектуре осуществляются самые необычные и смелые идеи, соединяющие в себе грамотную проектировку, новые инженерные решения и привлекательный внешний вид.

Разработка

Создание прототипа началось с изучения уже реализованного опыта и разработки концепции фасада, предназначенного для достижения архитектурно-художественной выразительности как экстерьера, так и интерьера.

Идея разработки заключалась в создании фасада, который разнообразит многоэтажные типовые панельные здания, создаст инсоляционную защиту и принесёт коммерчески высокоэффективный вид зданию. Выбирая из типов фасадов, кинетический оказался наиболее интересным для реализации в Республике Беларусь.

Каркас прототипа кинетического фасада был создан с использованием преимущественно диагональной структуры. Легкие разбирающиеся конструкции применяются для монтажа основной внешней части здания. Они в свою очередь

состоят из опорных и несущих элементов, вместе образующих прочный каркас, способный противостоять вертикальным и горизонтальным нагрузкам, воздействующим на разных этапах службы. Алюминиевая конструкция кинетического фасада характеризуется относительно небольшим весом, гибкостью планировочных изделий, качеством, прочностью и долговечностью.

Для создания наиболее реалистичной модели фасада применялись программы для 3D-моделирования (в данном случае Rhinoceros со встроенными функциями Grasshopper (рисунок 4)). Программа позволила создать модель элемента, ориентируясь на уже готовый каркас.

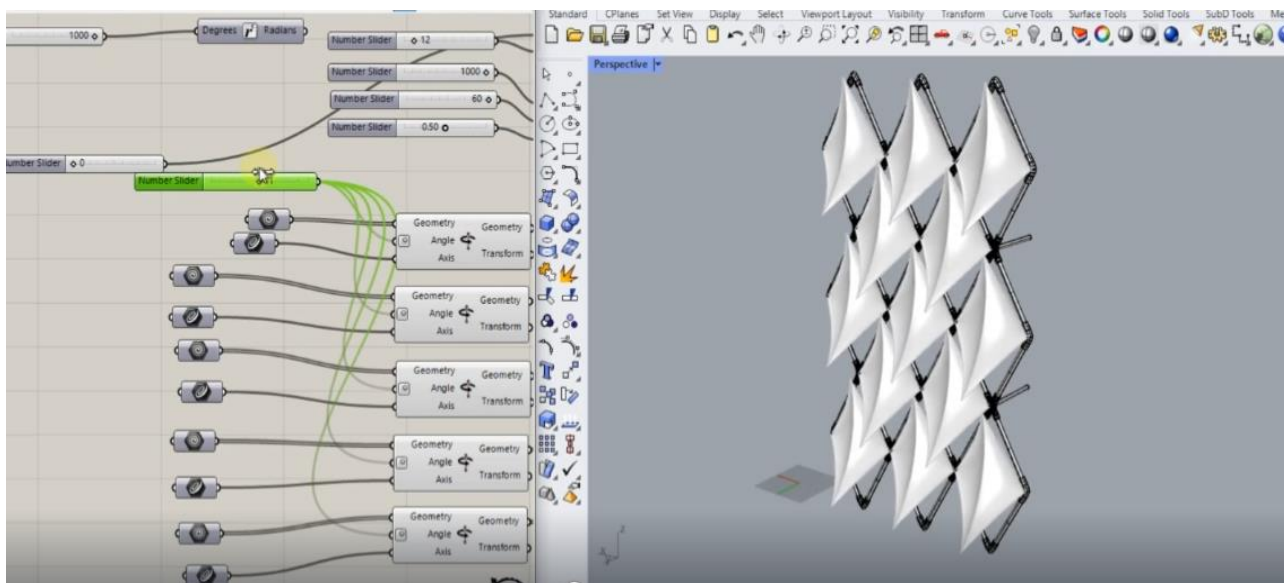
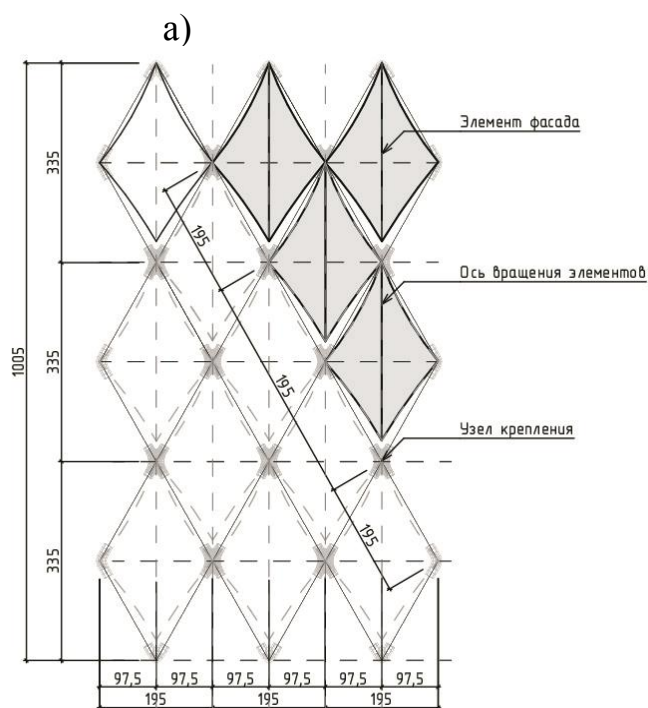


Рисунок 4 – 3D-модель сегмента фасада в Rhinoceros, Grasshoper

Кинетический фасад управляется автоматически при помощи сенсорных датчиков. Специальный фоторезистор реагирует на освещение и отправляют данные об изменении окружающего освещения системе управления зданием. Система запускает электроприводы, установленные в положении, позволяющем приспособливаться к меняющемуся дневному свету. Сегмент движется, меняя угол попадания света, тем самым оптимизируя баланс между естественным и искусственным освещением. Фасад может управляться вручную исходя из потребностей пользователей. Общее энергопотребление минимально, ведь элементы хоть и перемещаются, но остаются в одном фиксированном положении в течение нескольких часов. Элементы могут поворачиваться, открывая, закрывая частично или полностью остеклённые части здания.

Для создания полноценного работающего прототипа было создано множество черновых макетов. Самые первые черновые макеты имели самые различные назначения. Например: подбор нужной формы сегментов, расположение сегментов в пространстве относительно друг друга, несколько рабочих вариаций несущего каркаса, прототип крепления сегментов в каркасную систему, разработка рычажной системы. Каждый из этих этапов проходил через несколько стадий, в которых выявлялись и исправлялись проблемы и недочёты (рисунок 5а, б).



*а) – чертёж прототипа каркаса с предполагаемой расстановкой движущихся сегментов;
 б) – рабочий прототип макета фасада*

Рисунок 5 – Разработка прототипа сегмента фасада

В масштабном производстве такой кинетический фасад может быть реализован при помощи различных композитных материалов, таких как полимерная глина, металлические пластины и другие (рисунок 6).



Рисунок 6 – Кинетическая фасадная система

Заключение

По данным произведённого анализа был разработан действующий макет кинетического сегмента, предназначенный для достижения архитектурно-художественной выразительности как экстерьера, так и интерьера.

Главные качества – универсальность и адаптируемость к различным условиям. Прямая связь между природными явлениями и программируемыми модулями позволяет экологически грамотно использовать фасад зданий, так как добавляет многофункциональность к проектируемому предмету. Применение

специальных датчиков и исполнительных механизмов в элементы позволит им трансформироваться и взаимодействовать со своими пользователями и окружающей средой. Поскольку сфера программирования развивается, внедрение кода будет создавать куда больше возможностей в создании абсолютно разных и неповторимых вариаций данной разработки. Здания с динамичными фасадными системами являются яркими, привлекательными объектами, а программируемые автономные системы помогут контролировать микроклимат помещений для более удобного пользования.

Список цитированных источников

1. Dynamic architecture [Электронный ресурс] // TheDhaus.com [website]. – Режим доступа: <https://www.thedhaus.com/portfolio/the-dynamic-dhaus/dynamic-architecture/>. – Дата доступа: 10.04.2024.
2. The impact of a kinetic façade on the lighting performance and energy efficiency of a public building: the case of Dubai frame [Электронный ресурс] // Tandfonline.com [website]. – Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786451.2023.2248514>. – Дата доступа: 10.04.2024.
3. Kinetic façade as a tool for energy efficiency [Электронный ресурс] // Researchpublish.com [website]. – Режим доступа: <https://www.researchpublish.com/upload/book/-KINETIC%20FACADE%20AS%20A%20TOOL-8194.pdf>. – Дата доступа: 10.04.2024.
4. Parametric Façade In Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gosmartbricks.com/parametric-facade-in-architecture-7-things-for-your-interests/>. – Дата доступа: 10.04.2024.
5. Кинетические жилые здания – будущее начинается сегодня [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru [website]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kineticheskie-zhilye-zdaniya-buduschee-nachinaetsya-segodnya/viewer>. – Дата доступа: 10.04.2024.
6. Карась, В. Я. Кинетические фасады / В. Я. Карась // Наука через призму времени. – 2018. – № 10.
7. VERTO Air Purification Tower / Studio Symbiosis [Электронный ресурс] // ArchDaily.com [website]. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/1000839/verto-air-purification-tower-studio-symbiosis>. – Дата доступа: 10.04.2024.

УДК 624.014

Дробыш А. И.

*Научный руководитель: к. т. н., доцент, заведующий кафедрой
строительных конструкций Шурин А. Б.*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Расчет болтовых соединений металлических конструкций имеет решающее значение для обеспечения безопасности и надежности конструкций. С развитием технологий и появлением более сложных конструкций возникла необходимость в совершенствовании методов расчета болтовых соединений.

Соединения на болтах на сегодня является основным способом сопряжения элементов. Такой способ позволяет быстро и точно производить монтаж с минимальным набором оборудования.

Традиционные методы расчета болтовых соединений часто основаны на упрощающих предположениях и могут не учитывать все факторы, влияющие на