

ФГБОУ ВПО
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
**Учебно-научно-производственная лаборатория по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям
строительных конструкций
(УНПЛ ААИСК)**

ФГБОУ ВПО
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
**Кафедра Теория и История Архитектуры
(ТиИА)**

Наименование научно-исследовательской работы:
**«Проект энергоэффективного здания
«Дом Удачи»
с учетом термоаэродинамических воздействий»**

Научные руководители:

Зав. УНПЛ ААИСК МГСУ, к.т.н. **Поддаева Ольга Игоревна**
Зам. рук. УНПЛ ААИСК МГСУ, к.т.н. **Дуничкин Илья Владимирович**
Доц. ТиИА КГАСУ, к.арх. **Фахрутдинова Инесса Алековна**

Авторы исполнители:

Студент группы 2-АМ-101 курс 2 Магистратура
Сайфуллина Алиса Фанисовна (ТиИА КГАСУ)
Студент группы ПГС 5 курс, техник
Дегтярёва Анна Игоревна (УНПЛ ААИСК МГСУ)

**Москва – Казань
2013**

Содержание

1. Введение
2. Концепция индивидуального жилого дома для экопоселения
3. Видовой кадр
4. Развертка
5. Разрез
6. Программа испытаний в аэродинамической трубе
7. Подготовка макета коттеджа к исследованию в аэродинамической трубе. Фотофиксация.
8. Анализ результатов испытаний разработка проектных решений. Испытание модифицированного решения.
9. Картограмма потоков воздушных масс под углом 0 градусов.
10. Картограмма потоков воздушных масс под углом 30 градусов.
11. Картограмма потоков воздушных масс под углом 45 градусов.
12. Картограмма потоков воздушных масс под углом 60 градусов.
13. Использование модифицированных проектных решений в архитектурно-конструктивном проектировании
14. Разрез (1-1) угловой части стены
15. Разрез (2-2) угловой части стены
16. Фрагмент плана угловой части стены с конструкцией для защиты от термоаэродинамических эффектов
17. Фрагменты конструкции «ТЕРМОПИЛОН»
18. Фасад
19. План 1-го этажа
20. План 2-го этажа
21. Анкета - заявка

1. Введение

За основу проекта энергоэффективного здания «Дом Удачи» принят индивидуальный жилой дом для экопоселения. Проект разработан на основе модифицированного решения ограждающих конструкций по результатам испытаний в аэродинамической трубе AeroLab Учебно-научно-производственной лаборатории по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций (УНПЛ ААИСК) ФГБОУ ВПО МГСУ.

Основными целями исследований была оценка:

- аэродинамических характеристик для здания сложной формы с элементами планировки традиционной архитектуры (атриум);
- охлаждающего эффекта потока воздуха в зимнее время на фрагменты здания;
- модифицированного проектного решения для защиты от повышенного охлаждающего эффекта потока воздуха на ограждающие конструкции здания.

Дополнительными целями исследований были получение:

- полей скоростей вокруг здания для оценки комфортности среды на открытых площадях здания (крыльцо, балкон) и прилегающих территориях;
- оценки возможности и эффективности размещения маломощных ветроэнергетических установок вблизи здания;

Для проведения испытаний в аэродинамической трубе AerLab был построен макет здания в масштабе 1:100. С целью проведения измерений лазерной системой доплеровской velocиметрии и высокоскоростной съемки лазерной системой цифровой трассерной визуализации макет здания был покрашен в черный цвет.

Архитектурная концепция здания использовала оптимизированную в процессе испытаний форму, сочетая инновационные решения по ограждающим конструкциям с применением пенополистирола KNAUF Therm Wall для утепления стен и традиционную атриумную планировку, так же способствующую повышению энергоэффективности здания. В результате проектно-экспериментальной работы была разработана оригинальная авторская конструкция «ТЕРМОПИЛОН» на основе материалов компании KNAUF - PENOPLAST.

2. Концепция «Дом Удачи» для экопоселения

«Дом Удачи» является проектом энергоэффективного индивидуального жилого дома на семью из 4-х человек для проживания в экологическом поселении, пригодного для размещения в средней полосе, на юге России, а так же в Европе.

Для использования эффекта тепловой пробки в планировке здания использован такой прием традиционной архитектуры как атриум. Мелкоячеистые помещения комнат окружающие его на первом и втором этажах создают защитный тепловой контур, который позволяет сохранять тепло без излишних затрат на отопление.

В связи с этим для проекта принимаются повышенные требования для термического сопротивления ограждающих конструкций. Так же для исследовательских целей принимается развитый силуэт здания с формой соотносящейся с древним символом Лотоса (олицетворение чистоты и истинны) и Шри-Янтры (символ процветания и удачи).

В связи с этим, а так же для проведения исследований физико-технических характеристик исторических примеров в современной архитектуре для проекта применена атриумная планировка в пропорциях исторический традиции этнического экодизайна и системы архитектурного планирования «Васту-шастра», исследуемых на кафедре «Теория и История Архитектуры» ФГБОУ ВПО КГАСУ.

Таким образом, в планировочном отношении «Дом Удачи» формируется по принципу цветка Лотоса. Атриумная планировка в сочетании с оригинальной формой здания создает лепестки – сектора для различных функций (для сна, приема пищи, учебы, работы, хозяйственных нужд). План здания обладает так же пропорциями стилизованной Шри-Янтры, так же связанной с лотосом. Благодаря световому аэрофонарю, расположенному над атриумом, в дом проникает свет и при необходимости свежий воздух для проветривания.

В оформлении экстерьера жилых домов использована так же символика Шри-Янтры на основе керамогранной плитки с нанесением рисунка при помощи гравировки. Стены выполнены в виде трехслойной конструкции с утеплителем на основе пенополистирола KNAUF Therm Wall. Кроме того в экстерьере сочетаются, современные технологии, в виде фотоэлектрических элементов на крыше для выработки электроэнергии от действия солнца. В качестве кровельного материала задействована черепица Terca Fa с колеровкой.

Все эти мероприятия позволяют дополнительно повысить энергоэффективность. Таким образом, «Дом удачи» настраивает своего жителя на комфорт, благополучие, процветание и гармонию с самим собой и окружающей средой.

3. Видовой кадр



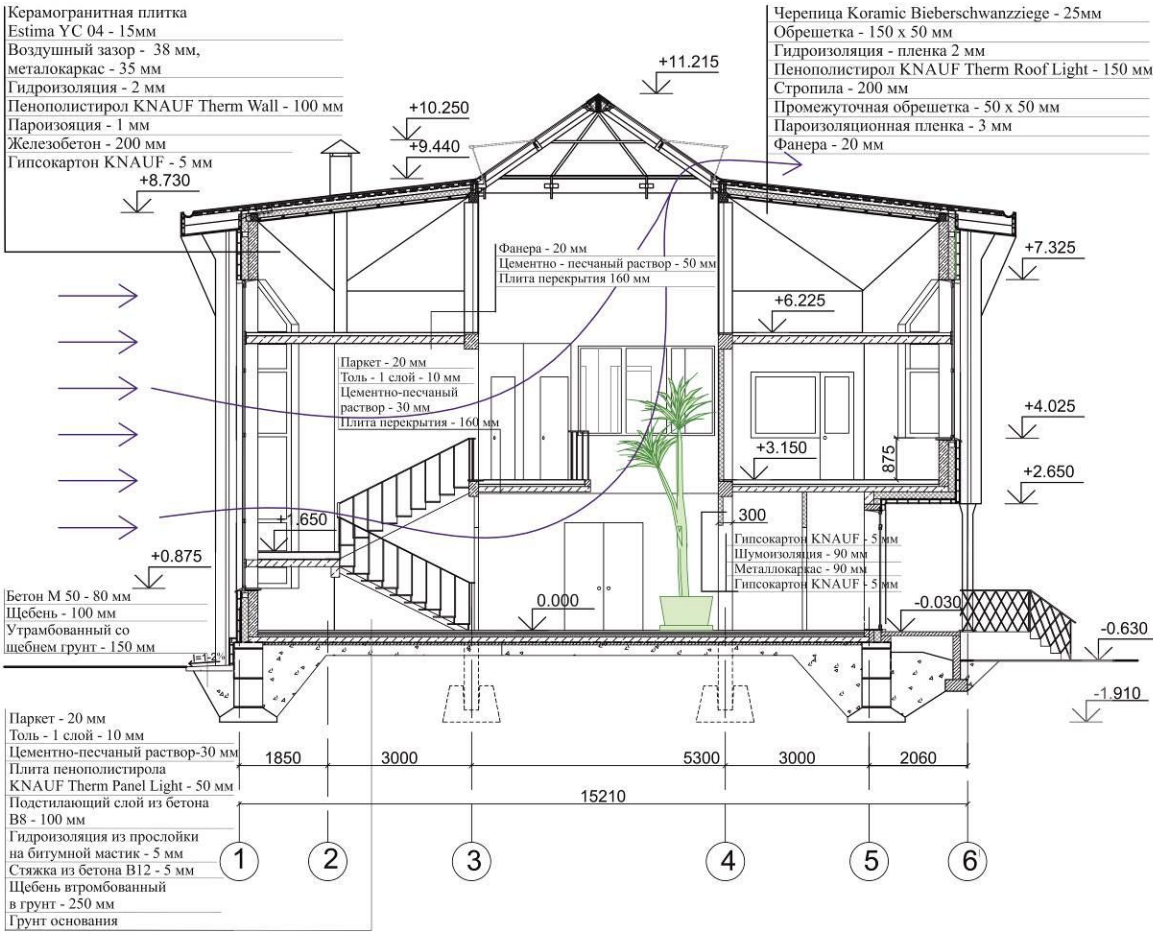
4. Развертка

Развертка



5. Разрез 1-1

Разрез 1- 1'



6. Программа испытаний в аэродинамической трубе

Во время испытаний было применено следующее оборудование, принадлежащее Учебно-научно-производственной лаборатории по аэродинамическим и аэроакустическим испытаниям строительных конструкций ФГБОУ ВПО МГСУ:

1) Автоматизированный лабораторный комплекс для исследований в аэродинамической трубе (АДТ) AeroLab

Служит для проведения аэродинамических испытаний фрагментов городской застройки и мелкомасштабных моделей конструкций, зданий и сооружений



Основные характеристики:

- Скорость формируемого потока в модельной зоне – от 0 до 60 м/с.
- Размер модельной зоны – 30х30х60см.
- Уровень турбулентности – 0,12%.

Производитель: AeroLab, США

2) Лазерная система цифровой трассерной визуализации (ЛСЦТВ) FlowMaster 2D PIV

Лабораторный диагностический комплекс, предназначенный для исследования векторных полей скорости потока



Основные характеристики:

- Частота регистрации полей скоростей – до 4500 кадр./с.
- Рабочее расстояние – от 300 мм до 2000 мм.
- Размер сечения рабочего объема – от 15х50 мм до 5000х5000 мм.

Производитель: LaVision, Германия

3) Лазерная система доплеровской velocиметрии (ДСДВ) LDV 200 MD

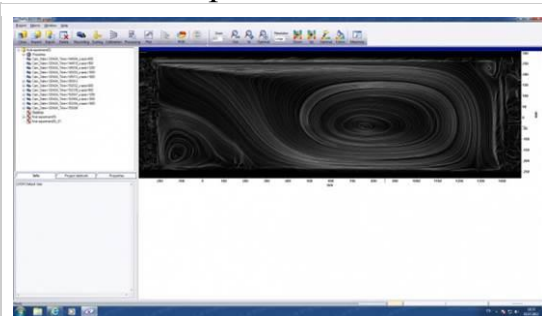
Лабораторный диагностический комплекс, предназначенный для измерения скоростей потока в точке

Основные характеристики: - Диапазон возможных скоростей потока – от 0 до 35 м/с. - Частота обработки сигнала – 10 кГц. - Возможные рабочие расстояния – 500, 1000, 2000, 3000 мм. Производитель: Artium, США



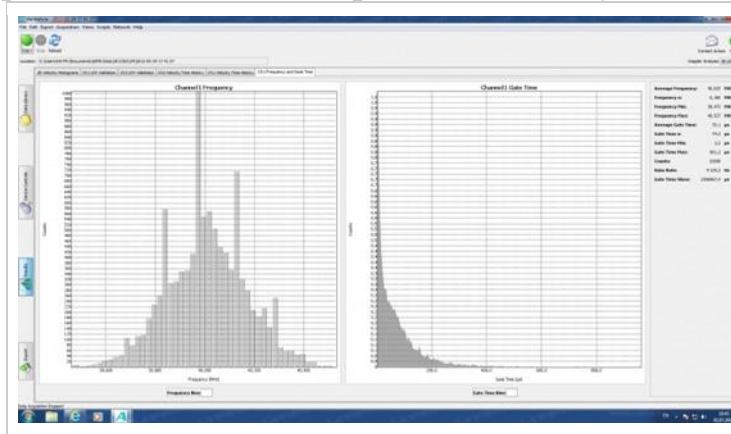
4) Комплекс DaVis

Комплекс DaVis является программным обеспечением используемым при работе с оборудованием LaVision. Данный программный комплекс предназначен для исследования и количественного анализа 2-х компонентных или 3-х компонентных векторных полей скоростей турбулентных нестационарных потоков газов и жидкостей в выбранном сечении, с разрешением по времени методом высокоскоростной цифровой трассерной визуализации. Производитель: LaVision, Германия

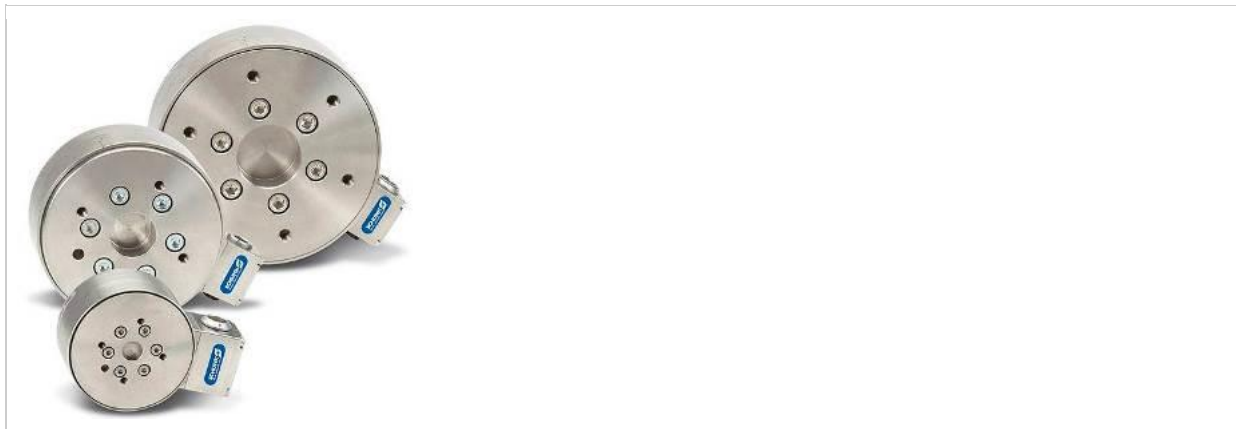


5) Комплекс Artium

Комплекс Artium является программным обеспечением используемым при работе с LDA. Artium позволяет определять две компоненты скорости потока в точке, рассчитывать пульсационную составляющую. Производитель: Artium, США



6) Парк тензовесов (ТВ) Schunk FTD для измерения сил и моментов



Представляют собой компактные шестикомпонентные датчики для измерения сил и моментов. Диапазон измерений F_x , F_y : ± 1000 Н; Диапазон измерений F_z : ± 2500 Н; Диапазон измерений M_x , M_y : ± 120 Н*м; Диапазон измерений M_z : ± 120 Н*м; Производитель: Schunk, Германия

7) Многоканальные сканеры давления (МСК) ESP Pressure Scanner с системой сбора данных о давлении (ССД) DTC Initium



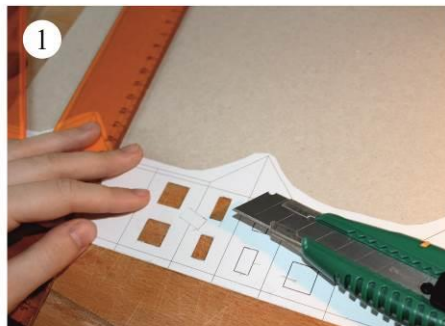
Диапазон измерений давления: $\pm 2,5$ кПа. Ошибка измерения статического давления: $\pm 0,03\%$ от полной шкалы давления. Скорость передачи полезного сигнала (технология мультиплекс, бинарное решение): 50000 Гц. Производитель: ESP, Франция

Перечень исследований в аэродинамической трубе

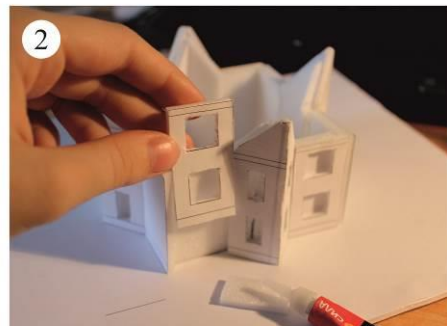
№ п/п	Наименование исследования	Наименование используемого оборудования	Примечание
1	Измерение в пространстве скорости и направления потока вокруг здания	АДТ AeroLab, ЛСЦТВ FlowMaster 2D PIV, Комплекс DaVis	Испытаны направления потока 0°, 30°, 45°, 60°
2	Верификация измерений скорости и направления потока вокруг здания в пространстве с данными измерений в контрольных точках	АДТ AeroLab, ДСДВ LDV 200 MD, Комплекс Artium	Верифицированы 10 контрольных точек для направлений потока 0°, 30°, 45°, 60°
3	Измерение давления по поверхности фасада	АДТ AeroLab, МСК ESP, ССД DTC Initium	Испытаны направления потока 0°, 30°, 45°, 60°
4	Верификация измерений давления по поверхности фасада при помощи измерения сил и моментов	АДТ AeroLab, ТВ Schunk FTD	Верифицированы направления потока 0°, 30°, 45°, 60°

7. Подготовка макета коттеджа к исследованию в аэродинамической трубе. Фотофиксация

Подготовка макета коттеджа к исследованию в аэродинамической трубе



1 Проработка пластика фасада



2 Макетирование стен здания



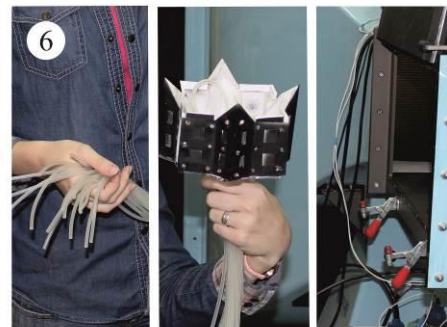
3 Макетирование крыши здания



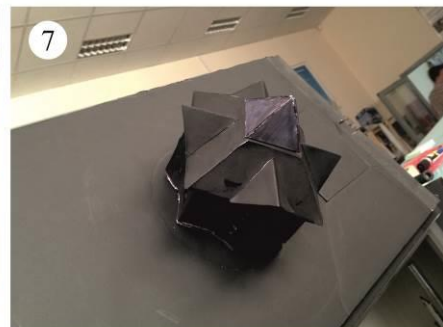
4 Проверка масштаба макета. Общая подготовка к исследованию



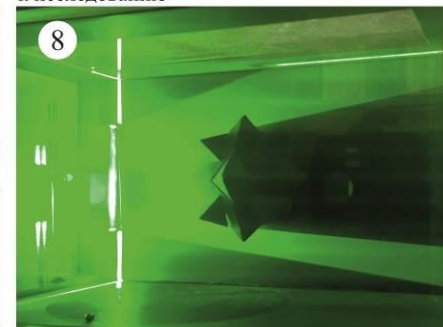
5 Окраска макета для исследования лазерной системой доплеровской velocиметрии



6 Монтаж пневмотрассы



7 Монтаж на рабочем столе



8 Коллебровка лазерной системы в рабочей зоне аэродинамической трубы

8. Анализ результатов испытаний разработка проектных решений. Испытание модифицированного решения

Полученные аэродинамические характеристики макета проекта «Дом Удачи» позволяет отнести его к мезошероховатостям, создающим значительную турбулентность, что сильно влияет на смешивание приземных потоков воздуха и позволяет в целом по территории экопоселка у поверхности земли (до 3-х метров) снизить повышенные значения ветрового давления. Это в общих характеристиках повышает комфортность микроклимата и позволяет сделать вывод о целесообразности размещения ветроэнергетических установок с пониженной шумностью работы (уровень расположения ветродвигателя - 15 метров от поверхности земли) на расстоянии не менее 3-х высот от зданий – 34 метра. В связи с этим для экологического поселка целесообразно расположить локализованный ветропарк на прилегающей территории или одиночно стоящие ветроэнергетические установки периферийных зонах индивидуальных участков жилых домов.

В результате экспериментов в аэродинамической трубе составлены картограммы потоков воздушных масс для направлений потока к макету 0°, 30°, 45°, 60°. Так как форма объекта преимущественно симметрична, за исключением входной группы на первом этаже, то проведенные эксперименты позволяют, охватывают весь спектр возможных воздействий ветра на здание в природных условиях.

Таблица 1 .
Анализ Картограмм потоков воздушных масс

№ п/п	Наименование	Анализ результата	Примечание
1	Картограмма потоков воздушных масс под углом 0 градусов	Поток имеет турбулентный характер и дифференцирован по ветровой тени за зданием и срыву вихревых пелен по эркерам на осях Е и А. Ветровая нагрузка в этих местах увеличена в 2,5-3,75 раза на расстоянии от 0,4 метра по заветренной стене и 0,65-1,75 по наветренной стене. За зданием формируется вихрь обратной циркуляции.	Проведена оценка модифицированных конструкций на осях Е и А.
2	Картограмма потоков воздушных масс под углом 30 градусов	Поток имеет резко турбулентный характер и дифференцирован по ветровой тени перед зданием и срыву вихревых пелен по углам здания на пересечениях осей Д-2, Б-5 и эркеру на оси Е. Ветровая нагрузка в этих местах увеличена в 2,75-4,25 раза на расстоянии от 0,5 метра по заветренной стене и 0,85-1,95 по наветренной стене. За зданием не формируется вихрь обратной циркуляции.	Проведена оценка модифицированных конструкций на пересечениях осей Д-2, Б-5 и на оси Е.
3	Картограмма потоков	Поток имеет турбулентный характер и дифференцирован по ветровой тени за зданием и срыву вихревых пелен по углам здания на пересечениях осей Д-2, Б-5.	Проведена оценка модифицированных

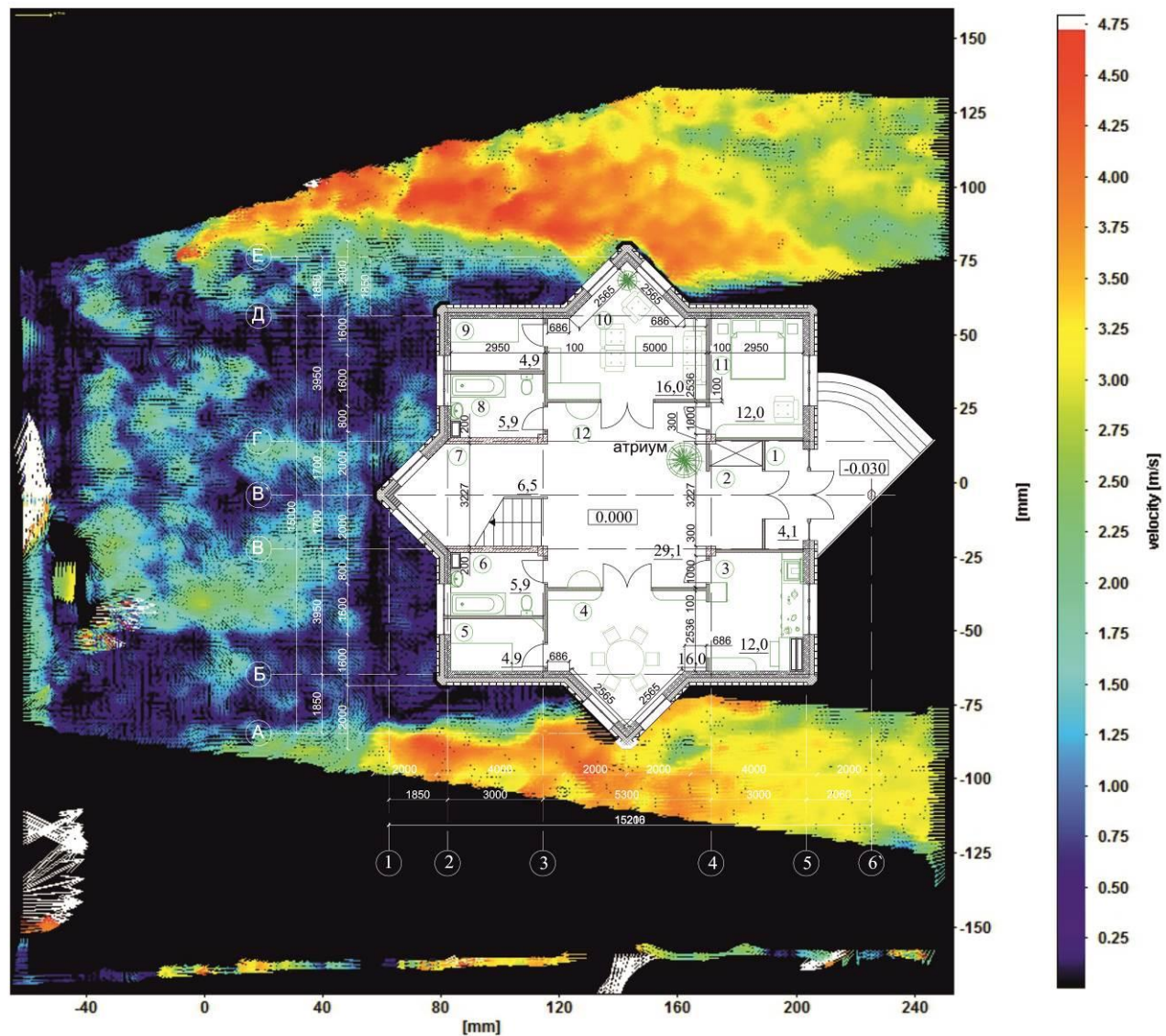
№ п/п	Наименование	Анализ результата	Примечание
	воздушных масс под углом 45 градусов	Ветровая нагрузка в этих местах увеличена в 2,6-4,0 раза на расстоянии от 0,6 метра по заветренной стене и 0,65-0,75 по наветренной стене. За зданием формируется вихрь обратной циркуляции.	конструкций на пересечениях осей Д-2, Б-5.
4	Картограмма потоков воздушных масс под углом 60 градусов	Поток имеет резко турбулентный характер и дифференцирован по ветровой тени перед зданием и срыву вихревых пелен по углам здания на пересечениях осей Д-2, Б-5 и эркеру на оси 1. Входная группа в осях 5-6 так же находится в зоне ветровой активности. Ветровая нагрузка в этих местах увеличена в 2,5-4,25 раза на расстоянии от 0,3 метра по заветренной стене и 0,75-2,05 по наветренной стене. За зданием не формируется вихрь обратной циркуляции.	Проведена оценка модифицированных конструкций на пересечениях осей Д-2, Б-5 и на оси 1.

Таким образом, был выявлен эффект повышенного охлаждающего влияния потока воздуха в зимнее время на ограждающие конструкции здания. Повышенное охлаждение происходит в местах расположения углов здания и эркеров по всей высоте на расстоянии 0,4-0,65 м от крайних точек ограждающих конструкций. Сила воздействия ветра увеличивается в этих местах стены в 2,5-4 раза. Поток ветра не стабилен, постоянно срывается с углов и эркеров здания. По предварительным оценкам с учетом пульсационной составляющей ветра в зимний период возможно в отдельные точки времени влияние охлаждающего эффекта на конструкции со снижением их термического сопротивления на 52%-73% .

В качестве модифицированного проектного решения отвечающего выявленным аэродинамическим особенностям формы здания была разработана конструкция с дополнительным слоем утеплителя пенополистирола KNAUF Therm Wall для защиты от термоаэродинамических эффектов. В связи с характерным расположением дополнительного слоя утеплителя по углам ограждающей конструкции требуется увеличение толщины стены по углам и эркерам на расстоянии минимум 0,4 метра в обе стороны от первоначальной крайней точки. Таким образом определены первоначальные характеристики оригинальной авторской ограждающей конструкции «ТЕРМОПИЛОН».

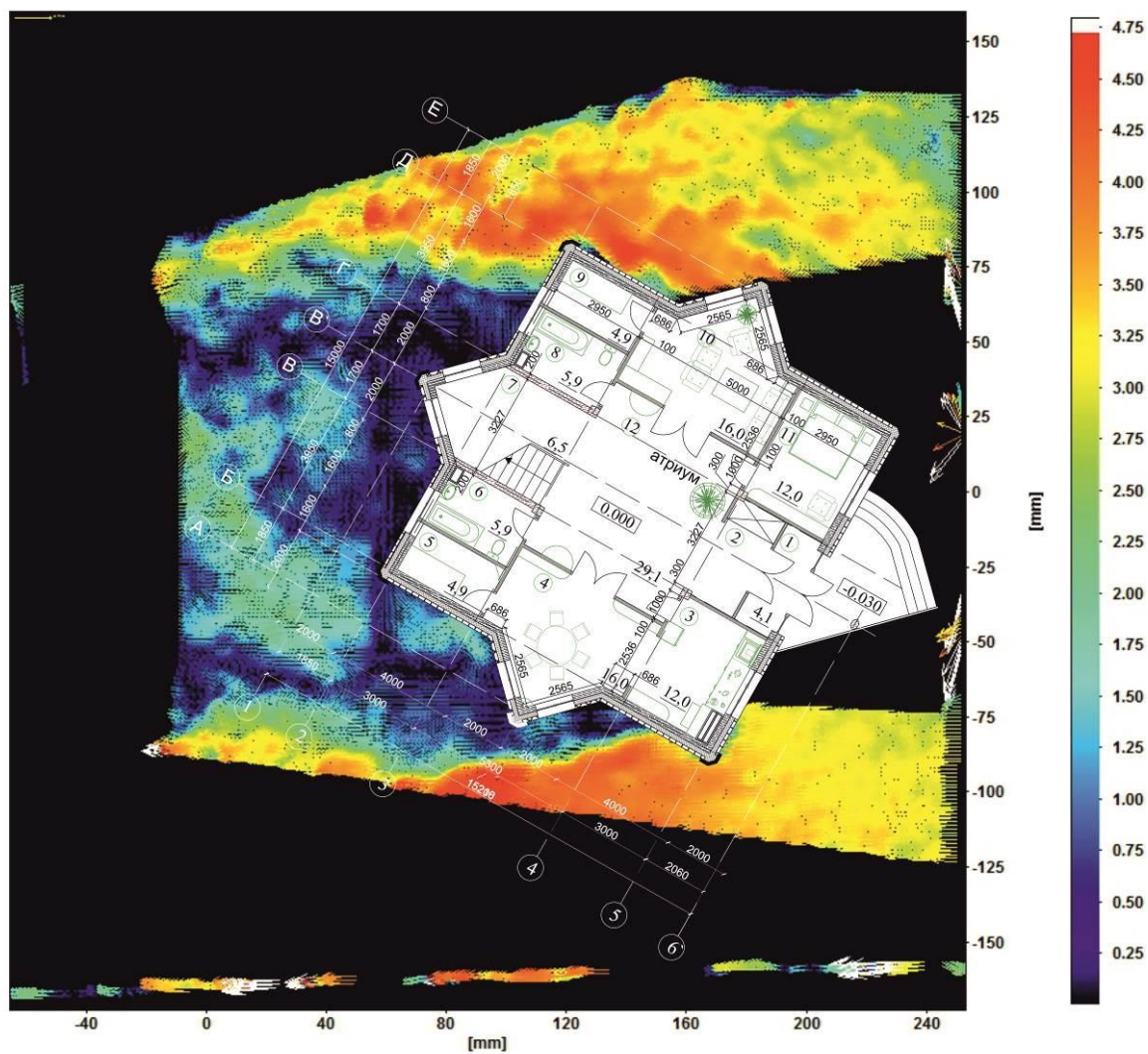
Оценка модифицированной формы здания помогла выявить снижение охлаждающего эффекта от ветра в зимний период на 68-87% благодаря использованию дополнительного слоя пенополистирола KNAUF Therm Wall и оригинальной формы конструкции «ТЕРМОПИЛОН» с аэродинамической характеристикой позволяющей оптимизировать обтекание потоком воздуха исследуемого здания (См. узел - Фрагмент плана угловой части стены с конструкцией для защиты от термоаэродинамических эффектов).

9. Картограмма потоков воздушных масс под углом 0 градусов



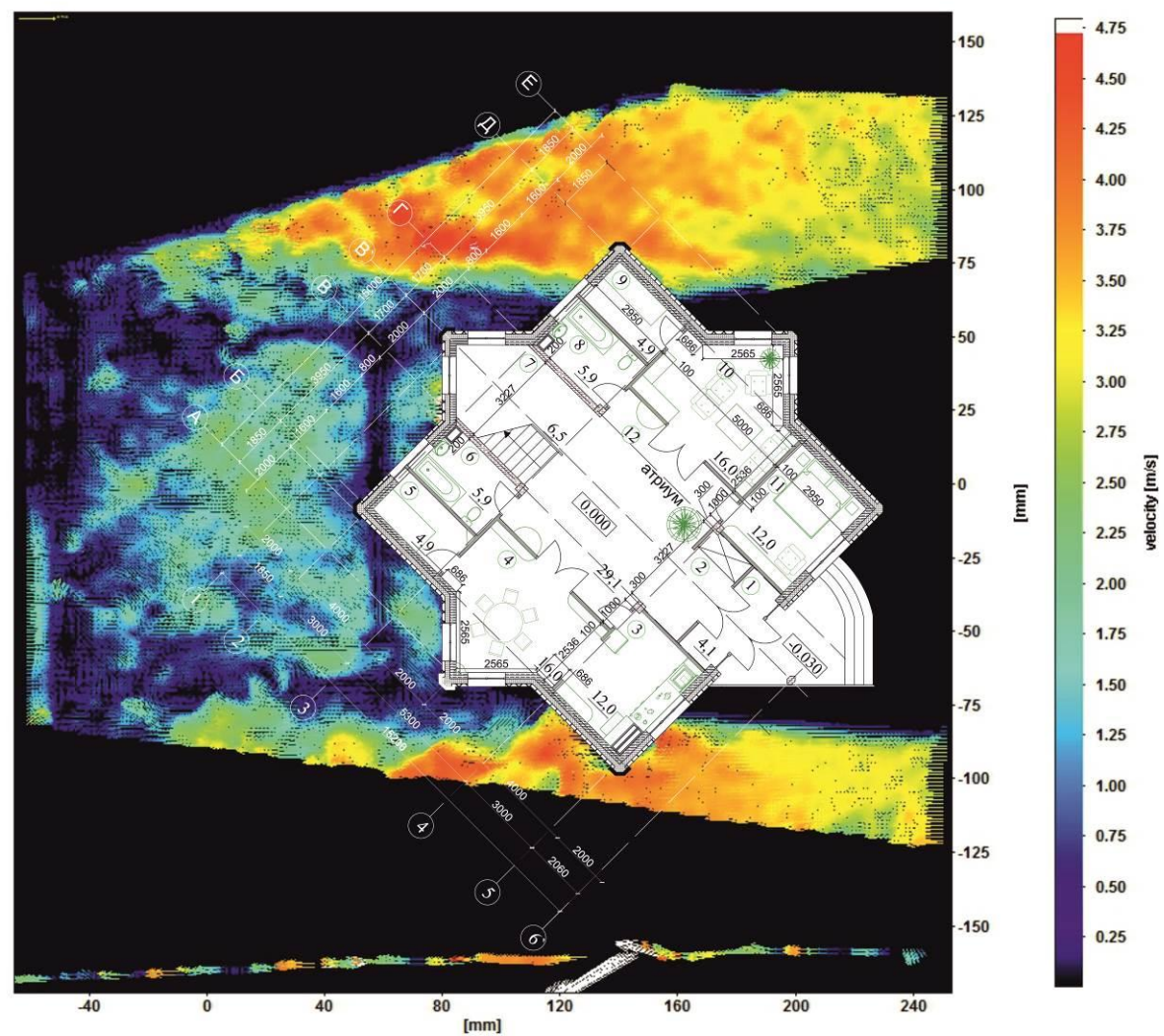
Поток имеет турбулентный характер и дифференцирован по ветровой тени за зданием и срыву вихревых пелен по эркерам на осях Е и А. Ветровая нагрузка в этих местах увеличена в 2,5-3,75 раза на расстоянии от 0,4 метра по заветренной стене и 0,65-1,75 по наветренной стене. За зданием формируется вихрь обратной циркуляции.

10. Картограмма потоков воздушных масс под углом 30 градусов



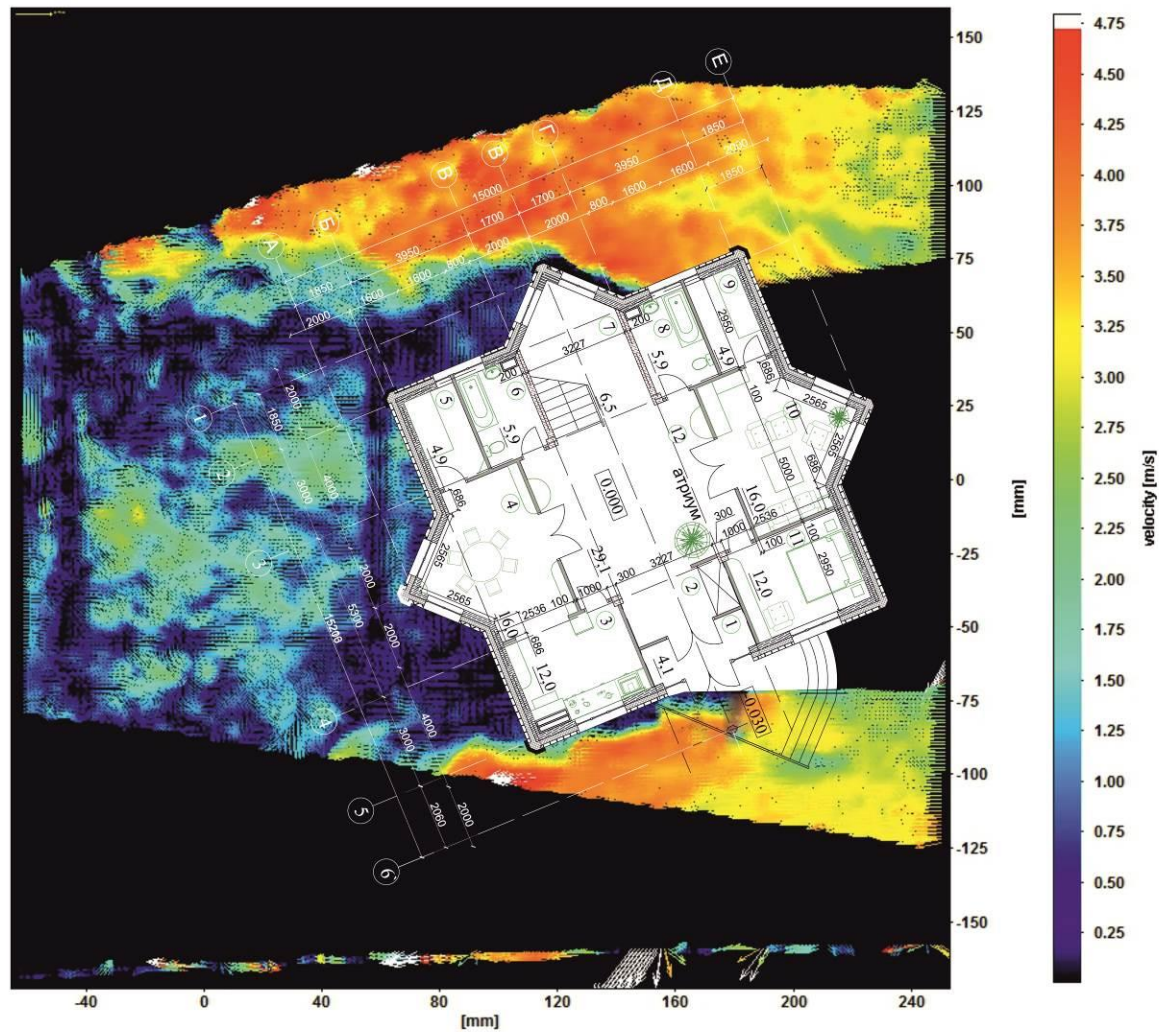
Поток имеет резко турбулентный характер и дифференцирован по ветровой тени перед зданием и срыву вихревых пелен по углам здания на пересечениях осей Д-2, Б-5 и эркеру на оси Е. Ветровая нагрузка в этих местах увеличена в 2,75-4,25 раза на расстоянии от 0,5 метра по наветренной стене и 0,85-1,95 по наветренной стене. За зданием не формируется вихрь обратной циркуляции.

11. Картограмма потоков воздушных масс под углом 45 градусов



Поток имеет турбулентный характер и дифференцирован по ветровой тени за зданием и срыву вихревых пелен по углам здания на пересечениях осей Д-2, Б-5. Ветровая нагрузка в этих местах увеличена в 2,6-4,0 раза на расстоянии от 0,6 метра по заветренной стене и 0,65-0,75 по наветренной стене. За зданием формируется вихрь обратной циркуляции.

12. Картограмма потоков воздушных масс под углом 60 градусов



Поток имеет резко турбулентный характер и дифференцирован по ветровой тени перед зданием и срыву вихревых пелен по углам здания на пересечениях осей Д-2, Б-5 и эркеру на оси 1. Входная группа в осях 5-6 так же находится в зоне ветровой активности. Ветровая нагрузка в этих местах увеличена в 2,5-4,25 раза на расстоянии от 0,3 метра по заветренной стене и 0,75-2,05 по наветренной стене. За зданием не формируется вихрь обратной циркуляции.

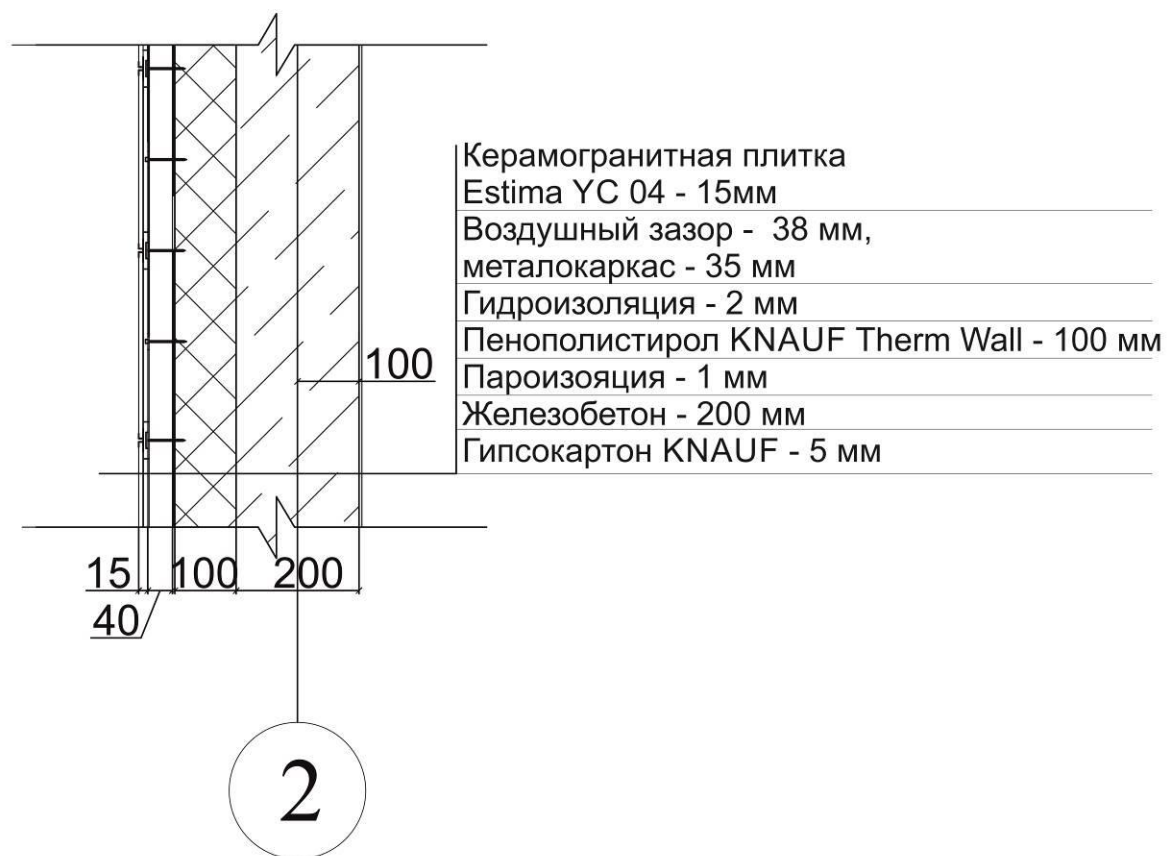
13. Использование модифицированных проектных решений в архитектурно-конструктивном проектировании

Планировочная структура дома позволяет использовать принцип термомассы для несущих и ненесущих внутренних конструкций, делая применение атриума еще более энергоэффективным. Для конструкции стен может быть использован железобетон или стеновые блоки из газобетона Bonolit. В качестве утеплителя применен пенополистирол KNAUF Therm Wall. В углах здания по результатам исследований в аэродинамической трубе предложена оригинальная авторская конструкция «ТЕРМОПИЛОН» на основе материалов компании KNAUF - PENOPLAST, которая позволяет увеличить толщину утеплителя в местах, где не учитывается стандартным теплотехническим расчетом аэродинамическое влияние ветра на повышенное охлаждение ограждающей конструкции.

14. Разрез (1-1) угловой части стены

Узел 1. (Разрез 1-1)

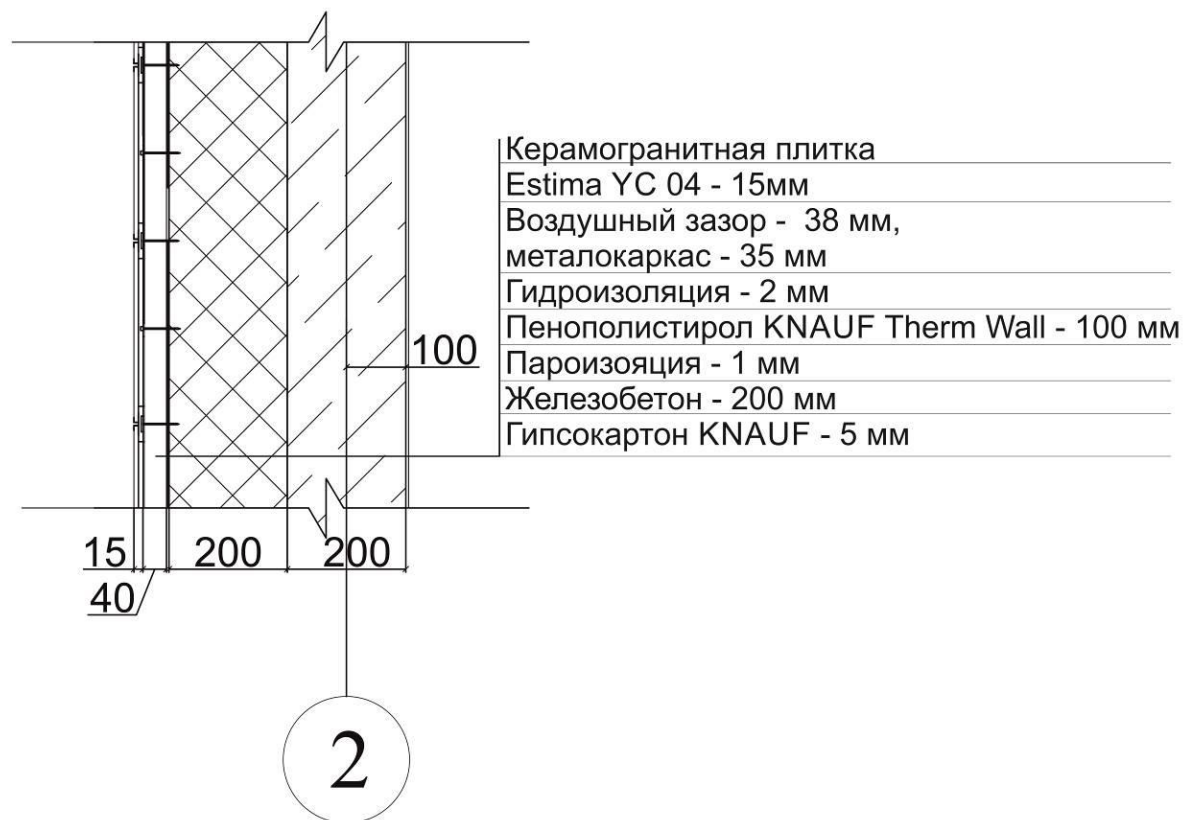
Угловая часть стены с отделкой плиткой Estima YC - 93



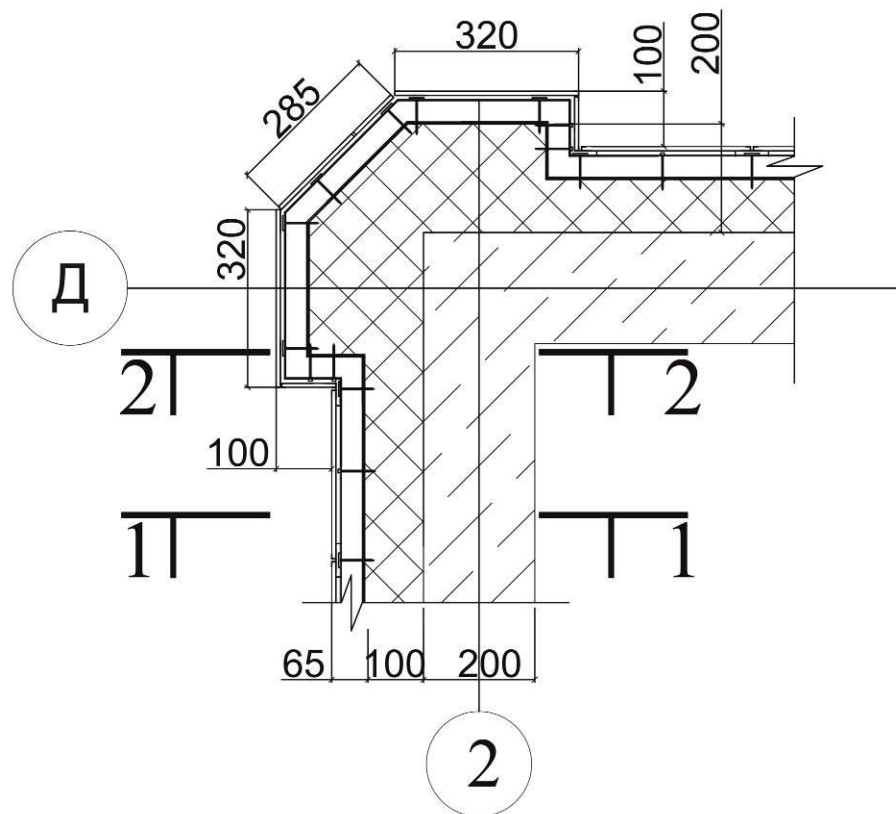
15. Разрез (2-2) угловой части стены

Узел 2. (Разрез 2-2)

Угловая часть стены с отделкой плиткой Estima YC - 93



16. Фрагмент плана угловой части стены с конструкцией для защиты от термоаэродинамических эффектов



Примечание:

Отделка плиткой **Estima YC - 93** позволяет создать **специальную форму** для оптимизации обтекания холодными потоками воздуха угла здания и размещения в конструкции стены дополнительного слоя утеплителя, для предотвращения потери тепла.

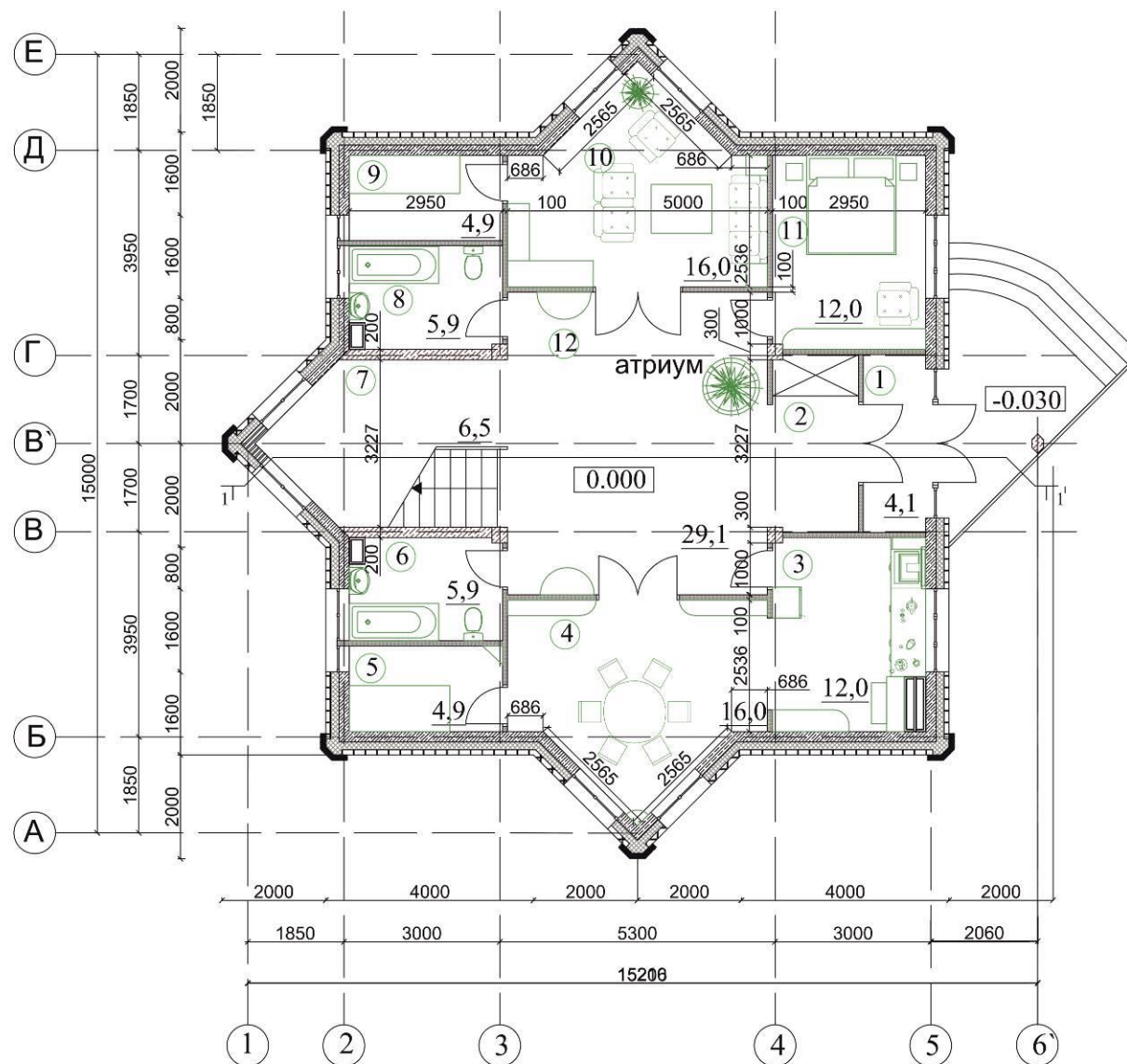
17. Фрагменты конструкции «ТЕРМОПИЛОН»



18. Фасад А-Е



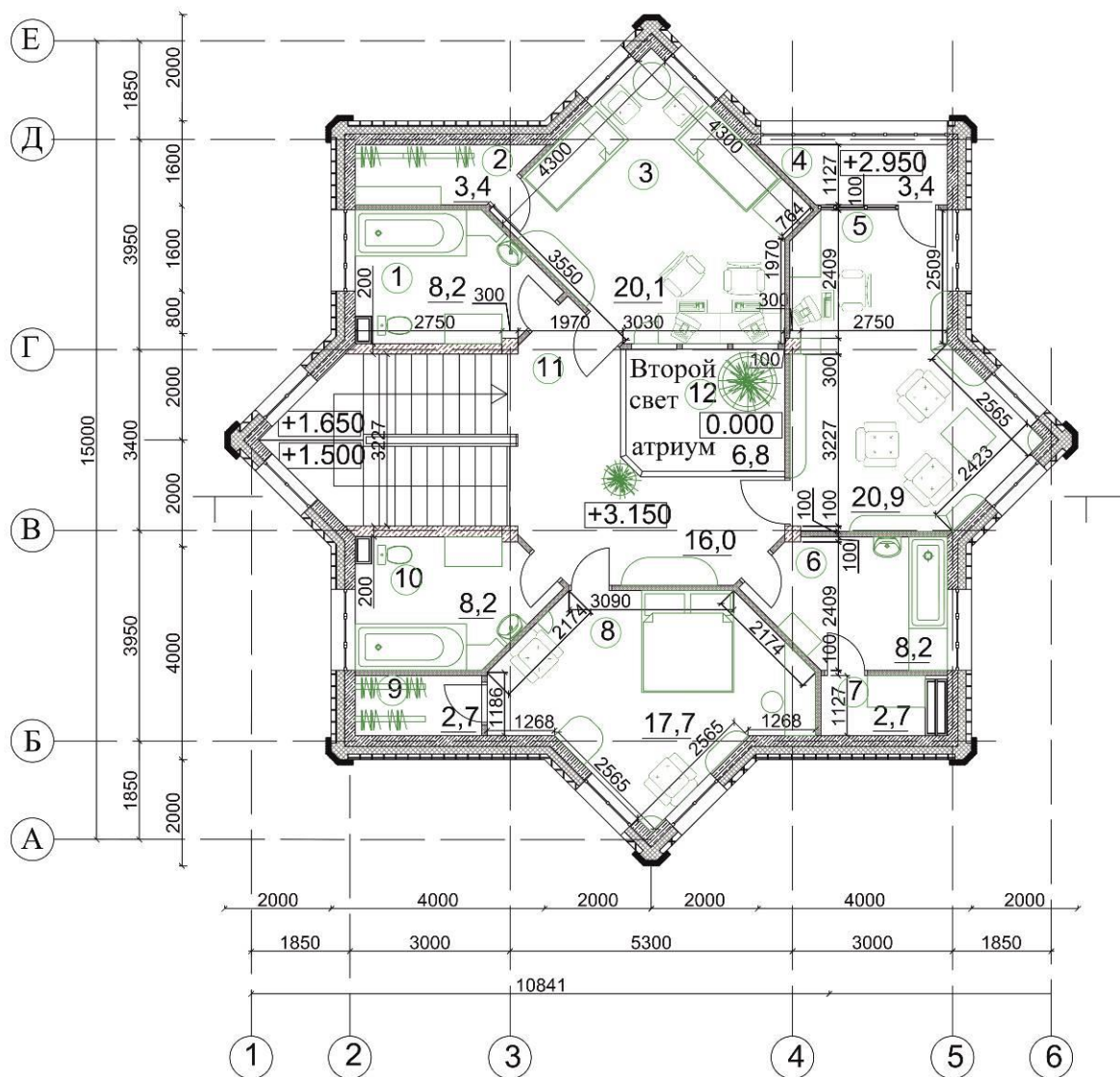
19. План 1-го этажа



Экспликация помещений 1-го этажа

1. Тамбур – 4,1 кв.м
2. Прихожая - 5,7 кв.м
3. Кухня – 12,0 кв.м
4. Столовая – 16,0 кв.м
5. Кладовая – 4,9 кв.м
6. Сан. узел – 5,9 кв.м
7. Кладовая – 6,5 кв.м
8. Сан. узел – 5,9 кв.м
9. Инвентарная – 4,9 кв.м
10. Гостиная – 16,0 кв.м
11. Спальня – 12,0 кв.м
12. Холл-атриум – 29,1 кв.м

20. План 2-го этажа



1. Экспликация помещений 2-го этажа:
2. Сан. узел – 8,2 кв.м
3. Кладовая – 3,4 кв.м
4. Детская, комната для учебы – 20,1 кв.м
5. Лоджия – 3,4 кв.м
6. Кабинет, библиотека – 20,9 кв.м
7. Постирочная – 8,2 кв.м
8. Бельевая – 2,7 кв.м
9. Спальня – 17,7 кв.м
10. Гардероб – 2,7 кв.м
11. Сан. узел – 8,2 кв.м
12. Холл – 16,0 кв.м
13. Второй свет - атриум – 6,8 кв.м