

АННОТАЦИЯ

Азнабаева Г.Р. АС-258.

Влияние архитектурно-планировочных решений на энергоэффективность зданий – Челябинск: ЮУрГУ, кафедра СПТС, 2017, 102 с., 33 ил., библиографический список – 30 наименования.

В выпускной квалификационной работе магистра исследовано влияние архитектурно-планировочных решений на энергоэффективность зданий. На примере жилых зданий были рассчитаны теплотери в зависимости от форм, остекления и пофасадного регулирования относительно солнца и ветра. На основании полученных результатов были сделаны выводы о технических решениях, позволяющих уменьшить теплотери, выбрать наиболее эффективные теплоизоляционные материалы и остекление, обеспечить экономическую выгоду. Также, был приведен пример реализации расчетов, найдены наиболее эффективные решения.

| | | | | | | | | |
|---------------------|------|-----------------------|---------|------|--|--------------------|------|--------|
| | | | | | <i>08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР</i> | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Влияние архитектурно-планировочных решений на энергоэффективность зданий | Лит. | Лист | Листов |
| <i>Зав. кафедры</i> | | <i>Пикус Г.А.</i> | | | | | | |
| <i>Выполнил</i> | | <i>Азнабаева Г.Р.</i> | | | | | 1 | 100 |
| <i>Руководит.</i> | | <i>Байбурин А.Х.</i> | | | | ЮУрГУ Кафедра СПТС | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Байбурин А.Х.</i> | | | | | | |
| <i>Рецензент</i> | | <i>Кучин В.Н.</i> | | | | | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ..... | 5 |
| 1.1 Отечественный и зарубежный опыт повышения энергоэффективности зданий | 5 |
| 1.2 Принципы строительства энергоэффективных зданий..... | 10 |
| 1.3 Примеры построенных энергоэффективных домов..... | 16 |
| 1.4 Анализ строительных норм по тепловой защите зданий..... | 18 |
| 1.5 Постановка задач исследования..... | 20 |
| Выводы по главе 1..... | 21 |
| ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИЛОГО ДОМА..... | 22 |
| 2.1 Влияние коэффициента компактности на теплопотери..... | 22 |
| 2.2 Влияние площади остекления на теплопотери теплопоступления | 25 |
| 2.3 Влияние ориентации здания по солнцу на теплопоступления..... | 30 |
| 2.4 . Влияние скорости ветра и ориентации здания по ветру на теплопотери | 36 |
| 2.5 Теплопотери наружными ограждениями..... | 53 |
| 2.6 Влияние полузаглубленного положения здания и тепловой инерции грунта..... | 58 |
| Выводы по главе 2..... | 61 |
| ГЛАВА 3 СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ..... | 62 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 2 |

| | |
|---|----|
| 3.1 Ширококорпусные здания..... | 62 |
| 3.2 Купольные и круглые дома..... | 65 |
| 3.3.Полузаглубленные дома..... | 68 |
| 3.4 Ветро- и солнцезащитные устройства и формы зданий..... | 70 |
| 3.5 Зеленое строительство..... | 75 |
| 3.6 Энергосберегающие планировочные решения..... | 80 |
| 3.7 Полузаглубленное расположение с использованием тепловой инерции грунта..... | 83 |
| Выводы по главе 3..... | 88 |
| РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОЕКТИРОВЩИКАМ..... | 89 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 91 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 92 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 94 |

ВВЕДЕНИЕ

Цель исследования:

Научное обоснование архитектурных принципов решений энергоэффективных зданий.

Задачи:

- 1) Рассчитать влияние коэффициента компактности на теплопотери здания;
- 2) Определить влияние площади остекления на теплопотери и теплопоступления;
- 3) Рассчитать влияние пофасадного регулирования здания по солнцу на теплопоступления;
- 4) Найти коэффициент влияния на теплопотери скорости ветра и ориентации здания по ветру;
- 5) Определить теплопотери наружными ограждениями;
- 6) Рассчитать влияние полузаглубленного положения здания и тепловой инерции грунта.

Объект исследования:

Жилые здания малой и средней этажности с энергосберегающими планировочными действиями.

Предмет исследования:

Закономерности влияния архитектурной планировки на энергоэффективность зданий.

Научная новизна:

Разработка принципов формирования архитектурного планирования энергоэффективных зданий и рекомендаций для проектировщиков.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 4 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

солнца, которая, скорее всего, используется для горячего водоснабжения и отопления помещений, а иногда полностью восполняет энергетические потребности проживающих.

Законодательные инициативы –эффективный инструмент в странах, где население законопослушно. Директива Европейского союза (ЕС) об энергетической эффективности зданий (Directive on the Energy Performance of Building - EPBD) переведена на все языки стран ЕС. В соответствии со статьей 9 страны-члены ЕС должны гарантировать, что к 31 декабря 2020 года энергетические характеристики всех новых зданий будут соответствовать аналогичным показателям зданий с минимальным или нулевым потреблением энергии [1]. Другими словами, цель «20–20–20» означает, что к 2020 году на 20 % сократится потребление первичной энергии, 20 % будет составлять доля энергии, полученная из возобновляемых источников, на 20% произойдет снижение выбросов углекислого газа. [2]

Федеральные земли самостоятельно определяют способы снижения энергопотребления до установленных норм в индивидуальном порядке. В США с 2005 года, в соответствии с Законом об энергоэффективности, предусмотрено территориальное управление энергосбережением. В данной сфере каждый из штатов наделен широкими полномочиями. Так же в Германии предусмотрены денежные поощрения для населения (бонусы и скидки на оплату коммунальных платежей, компенсации) при достижении требований энергоэффективности вместо штрафов и выговоров. Такие поощрения предоставляются собственникам в случае перевыполнения требований закона. На стимулирование затратных энергосберегающих мероприятий немецкая Федеральная служба экономики и экспорта ежегодно выделяет 500 млн. евро. [3]

В Германии энергетический паспорт здания по энергосбережению должен содержать два раздела предложений. Первый - содержит недорогие, окупаемые процедуры, второй раздел затратные, комплексные предложения

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 6 |

по модернизации здания (теплоизоляция фасада, использование возобновляемых источников энергии, замена окон). Нужно отметить, что немецкие программы по энергоэффективности финансируются банками и крупными корпорациями, а не государством.

Япония в 1980-х годах приняла нормативы для жилых зданий, которые предусматривают уменьшение потребления энергии до 40% на отопление и кондиционирование. В 1997 году ужесточили норматив до 60%. Строительные компании при соблюдении этого требования получали более выгодные условия кредитования.

Финансовое регулирование применимо в большей части для производителей энергоресурсов. По условиям финансовой программы в штате Коннектикут, поощряющей «энергоэффективный бизнес», для компаний, которые решили повысить энергоэффективность, получают существенную скидку от энергосбытовых компаний и беспроцентный кредит на внедрение новых технологий. [4] В США при осуществлении энергосберегающих мероприятий предоставляются налоговые льготы. Тарифы на электроэнергию зависят от уровня надежности энергоснабжения, предусмотренного контрактом: при согласии потребителя на отключение в период перегрузки сети, тарифы для него снижаются.

В Дании энергоснабжение регламентируют национальные программы. 2001-2030 гг. энергетический план ориентирован на снижение затрат по производству энергии и улучшение экологии. Хорошо развито экономическое стимулирование энергосбережения. Предоставляются различного рода субсидии:

-инвестиционные субсидии при повышении цен для потребителей тепловой энергии при переводе систем централизованного теплоснабжения на работу от ТЭЦ и установок на биомассе,

-субсидии на устройство в районах с системами централизованного теплоснабжения таких систем в жилых домах, построенных до 1950 г.. Субсидия обычно покрывает 30-50% общей суммы затрат. [5] На

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 7 |

строительство и ремонт выделяются инвестиционные гранты, которые компенсируют около 30-60% капиталовложений.

Главный принцип формирования цены на электроэнергию в Норвегии это отражение её рыночной стоимости, потому что высокие цены на ресурсы обеспечивают более быструю окупаемость энергосберегающих мероприятий.

А в Швейцарии инвесторы, которые вкладывают средства в строительство зданий с низким энергопотреблением, получают субсидию от государства в размере 50 тысяч евро. [6]

Комплексный подход к решению проблем энергосбережения применяет Китайская Народная Республика. На развитие электрических сетей ежегодный объем инвестиций составляет примерно 200 млрд. юаней. Так же уделяется большое внимание развитию интеллектуальных сетей энергоснабжения («smartgrid»). Эти системы снижают технические потери при передаче электрической энергии и помогают взаимодействовать потребителю и ресурсоснабжающей компании, дают возможность потребителю подобрать тарифный план. В 10% оценивается снижение расходов на оплату энергопотребления от применения таких систем. Особая роль отведена в энергосбережении альтернативным источникам энергии.

Лидирующие позиции в области энергосбережения из стран ближнего зарубежья занимает Республика Беларусь. С 1995 по 2008 годы ВВП страны вырос на 225%, в то время как рост валового потребления топливно-энергетических ресурсов составил 10%. В инвестиционных составляющих доля государства составляет около 30% из различных бюджетных источников. Сейчас получен максимальный эффект от выполнения малозатратных и краткосрочных мероприятий. Дальнейшее снижение энергопотребления возможно при замене энергоемкого оборудования, создании инфраструктуры для возобновляемых источников энергии и применении энергосберегающих технологий как у потребителя, так и у производителя. [7]

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 8 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

солнце), использование биоэнергии и солнечной энергии для инженерного обеспечения зданий, определение внутренней планировки по принципу теплового зонирования с помощью «буферных» зон, выбор ограждающих конструкций с учетом требований экологичности и теплоизоляции.

1.2 Принципы строительства энергоэффективных зданий

Энергоэффективное здание представляет из себя совокупность инженерных и архитектурных решений, которые лучше всего минимизируют расход энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания. Энергоэффективное здание представляет систему решений или отдельные решения, направленных на снижение расхода энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания. Вопросы создания энергоэффективных зданий рассматриваются в работах Матросова Ю.А., Тютюнникова А.И., Фокина К.Ф., Аверьянова В.К., Богословского В.П., Богуславского Л.Д., Бутовского И.Н., Васильева Г.П., Дмитриева А.Н., Лыкова А.В., Могутова А.Л., Чистовича С.А., Табунщикова Ю.А. и других [9]. Для проектирования энергоэффективного здания требуется анализ сложной информации различной физической природы.

Оптимизационная задача для энергоэффективного здания имеет следующее содержание: «определить показатели архитектурных и инженерных решений здания, обеспечивающих минимизацию расхода энергии на создание требуемого микроклимата в помещениях здания» при наложенных (технических, экономических или энергетических) ограничениях. Существующие достижения науки и техники позволяют создать здание с «нулевым» теплотреблением, компенсация теплотерь в котором при повышенном уровне теплозащиты осуществляется за счет утилизации тепловыделений, а также за счет энергоактивных элементов здания (гелиоприемники, теплоаккумуляторы и др.). При проектировании таких зданий массовой застройки, кроме экономических ограничений, накладываются требования технологичности возведения и простоты

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 10 |

основном формируются под влиянием внешних атмосферных, метеорологических, грунтовых воздействий, бытовых внутренних и технологических поступлений, совместной работы архитектурно-строительных решений и инженерных систем обеспечения микроклимата, поэтому здание необходимо рассматривать как единую энергетическую и аэродинамическую систему. В ней должны надежно уживаться комфортные для человека и требуемые для технологических процессов составляющие микроклимата [14]. Источников вредных выделений не должны содержать ни материалы строительных конструкций, ни инженерные системы здания для помещений с заданной обеспеченностью, в них должен надежно поддерживаться температурно-влажностный режим. Совокупность мероприятий по энергосбережению позволяет сократить эксплуатационные расходы тепловой энергии более чем в 2раза или сохранить все необходимые параметры тепловой комфортности помещений. Из расчета на 1 млн. м2 жилья в средней полосе России можно сэкономить до30 тыс. тонн у.т. в год [15]. Совокупная реализация энергосберегающих мероприятий в полном объеме может быть выполнена при комплексном подходе к проблеме экономии топливно-энергетических ресурсов. В основном все инженерные решения и мероприятия, которые обеспечивают заданные условия в помещениях здания: - архитектурно-планировочные решения здания (градостроительные, объемно- планировочные) - конструктивные решения (уровень теплоизоляции и герметичности ограждающих конструкций, светопрозрачных ограждений); - инженерные решения (отопление, вентиляция, кондиционирование, утилизация тепла вытяжного воздуха, регулирование параметров теплоносителя, автоматизация и управление). Таким образом, поиск правильных решений, нужный подход к исследованию энергетических показателей зданий и оптимизации их энергоэффективности определяет решение сложных и связанных между собой задач, которые составляют три основные направления:- минимизация энергетических затрат; - организация микроклимата помещений; -

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 13 |

экономичность здания, рациональное расходование материальных ресурсов. Добиться оптимальных результатов по этим направлениям можно соблюдая определенные условия [16]: - назначение расчетных внутренних условий, включая качество воздуха в помещениях здания (оптимальные и допустимые условия, нижние и верхние границы диапазонов изменений, обеспеченность расчетных параметров в теплый и холодный период года); - выбор расчетных параметров наружного воздуха с разной обеспеченностью вероятностей метеорологических элементов [16].

Выбор вариантов архитектурно-планировочных решений, включая: - градостроительные и объемно-планировочные решения, плотность застройки, разрывы, озеленение, оводнение, ориентация по сторонам света и розе ветров, форма здания, блокировка, ширина корпуса, остекление и защита фасадов, - современные, наиболее перспективные конструктивные решения наружных стен, перекрытий, окон, дверей. Оценка фильтрационного и температурно-влажностного режима конструкций с повышением теплозащиты. Расчет и выбор конструкций заполнения световых проемов по теплотехническим, светотехническим и аэродинамическим свойствам. Оптимизация степени остекленности фасадов зданий [16]; - температурно-влажностный режим и режим воздухообмена в здании. Принятые тепло-, воздухо-, влагозащитные характеристики элементов оболочки здания. Удельные характеристики ограждающих конструкций и энергетических показателей инженерных систем здания. Способы расчета теплового и воздушного режимов помещений здания; - инженерные системы обеспечения температурно-влажностного режима здания. Альтернативные и традиционные энергетические источники. Объединенная работа инженерных систем и оболочки здания; - системы энергосберегающего, экономичного отопления здания. Поквартирные, пофасадные секционные, горизонтальные, вертикальные, одно- и двухтрубные, радиаторные, конвекторные, панельно-лучистые, электрические, воздушные, с автоматическим регулированием и измерением

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--------------------------|------|
| | | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 14 |

теплоизоляционные материалы, обладающие низкой теплопроводностью. Специальные нагревательные системы размещены под фундаментом, они помогают поддерживать постоянную температуру в помещениях.

Один из владельцев компании уверенно прогнозирует, что в будущем будут построены целые кварталы таких жилищ, которые будут окружены зелеными насаждениями. Сточные воды от этих домов будут стекать в специальные водоемы, в которых будут очищаться, а в дальнейшем использоваться для орошения деревьев. Система орошения также будет работать от солнечных батарей [18].

Построенный во Фрайбурге Дом «Гелиотроп» (Heliotrope), получил свое название от растения из семейства бурачниковых [17] (рис. 1.3.2). Этот цветок имеет свойство поворачиваться вслед за солнцем (от греческих *helios* – «солнце» и *tropein* – «вращаться»). Германский архитектор Ральф Диша вдохновился этой особенностью растения и создал уникальное здание: дом вращается на 180 градусов в течение 12 часов, чтобы поглотить максимум солнечной энергии. Цилиндрическое трехэтажное здание установлено на подпорке 14,5 м высотой и диаметром 2,6 м. Общая площадь дома – 286 кв.м. Здание состоит из двух частей. Одна половина, с тройным оконным остеклением, пассивно захватывает солнечный свет. Другая, с надежной изоляцией, гарантирует прохладный микроклимат в помещении в жаркие летние дни [19]. Фотоэлектрическая панель, похожая на паруса, установлена на крыше дома, которая так и называется – «Солнечный парус». Она следит за движением Солнца и разворачивается автоматически вслед за ним, накапливая энергию Солнца и выполняет все энергетические потребности хозяев.

Более эффективной считается подвижная солнечная батарея в отличие статичных. Производительностью 6,6 кВт·ч происходит движение «паруса» в независимости от вращения самого здания и может производить энергию раз в пять больше, чем нужно дому. Лишняя электроэнергия помогает хозяевам заработать денег: такие здания- «нулевки», к примеру в Америке, часто

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

подключаются к электрическим сетям какой-нибудь энергокомпании, она же в свою очередь платит за вложенную электроэнергию. Установленный резервуар на крыше здания собирает дождевую воду. Так же предусмотрена и система очистки и повторного использования сточных вод, позволяющая значительно сократить расходы, а также система компостирования отходов [19].

1.4 Анализ строительных норм по тепловой защите зданий

Вопросы повышения энергоэффективности рассматриваются в рамках программы РФ "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г". В России энергоемкость валового внутреннего продукта в 3,5 раза выше мирового уровня. Около 80% зданий были построены до 90-х гг. 20 века. [20] К 2011 году была сформирована нормативно-правовая база по проблеме повышения энергоэффективности зданий. Это новая стратегия нормирования и проектирования тепловой защиты зданий, для повышения уровня энергоэффективности зданий.

Постановление Правительства РФ № 354 от 06.05.2011" Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов "является хорошим примером, согласно которому определяется норматив потребления коммунальных услуг.

Введенные в 1995 г. изменения в СНиП "Строительная теплотехника", а также утвержденные Правительством Москвы в 1994 г. Московские городские строительные нормы МГСН 2.01-94 "Энергосбережение в зданиях" уже привели к созданию новых и реконструируемых зданий с эффективным использованием энергии [1]. Однако в этих документах еще не могли найти отражение требования федерального закона "Об энергосбережении", принятого в 1996 г. (№ 28-ФЗ от 03.04.96), Федеральной целевой программы "Энергосбережение России", принятой Постановлением Правительства РФ № 80 от 24.01.98г., и постановления Правительства РФ

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 18 |

№1087 1995 г. “О неотложных мерах по энергосбережению” относительно показателей энергоэффективности и проводимой Правительством РФ реформы жилищно-коммунального хозяйства.

Проведенные в исследовании анализ и расчеты выявили зависимость между энергопотреблением и ВВП, а результаты исследования показали, что повышение энергоэффективности в зданиях позволит увеличить ВВП на 0,7%, что в условиях экономического спада может служить новым драйвером для эффективного функционирования экономики Российской Федерации. По мнению Правительства РФ, повышение энергоэффективности для России – это приоритетная и стратегически важная задача с точки зрения обеспечения государства энергетической безопасностью и ее укреплением. Несмотря на это, опыт последних лет показывает значительное отставание России в области энергосбережения от большинства развитых стран. Последствия отставания России по энергоэффективности приведут к тому, что к 2050 г. потребление энергии всеми зданиями вырастет более чем на 34%. Для стимулирования повышения энергоэффективности в зданиях РФ в данной работе разработаны ряд конкретных сценариев развития как для новых, так и реконструируемых зданий, которые аккумулированы в пять групп мер:

1. Введение классов энергоэффективности зданий с целью повышения качества учета;
2. Повышение требований энергоэффективности зданий;
3. Внедрение системы контроля за выполнением требований;
4. Принятие системы экономического стимулирования;
5. Повышение компетентности и информированности отрасли и населения.

Внедрение разработанных механизмов стимулирования повышения эффективности использования энергоресурсов, представленных в исследовании, показали огромный потенциал снижения энергоемкости ВВП, экономии энергетических ресурсов, а также возможность сокращения

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 19 |

расходов федерального бюджета на энергоснабжение зданий с 2015 по 2050 гг. в размере 6382 млрд руб.

Подводя итоги, можно сказать, что повышение энергоэффективности в зданиях является неотъемлемой частью формирования и поддержания энергоэффективного общества, которое характеризуется эффективно функционирующей высококонкурентной экономикой и энергетической безопасностью страны.

Проект исследования энергоэффективности РФ – фундаментальная работа, которая открывает множество возможностей для реализации приоритетных государственных задач в области энергосбережения, а также представляет эффективные инструменты для дальнейшего функционирования экономики страны в условиях рецессии и ее дальнейшей стабилизации. В связи с этим, экспертным сообществом готовится цикл публикаций на 2016 г. с более подробной информацией по каждому этапу исследования и его результатами.

1.5 Постановка задач исследования

- Анализ отечественного и зарубежного опыта энергоэффективного строительства;
- Изучение научных основ проектирования энергоэффективного здания;
- Изучение принципов строительства энергоэффективных зданий;
- Анализ строительных норм по тепловой защите зданий;
- Расчет влияния архитектурно-планировочных и климатических факторов, влияющих на энергоэффективность жилых зданий;
- Привести примеры реализации расчетов

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 20 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

Установлено что, отечественной и зарубежной информации, опыта проектирования, строительства и эксплуатации свидетельствует о технической возможности и экономической целесообразности создания энергоэффективных зданий на территории Российской Федерации. Максимальный эффект энергосбережения может быть достигнут при комплексном рассмотрении объемно-планировочных, конструктивных и инженерных энергосберегающих мероприятий, а также использования возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов, которые следует встроить в единую систему управления.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИЛОГО ДОМА

2.1. Влияние коэффициента компактности на теплопотери

При проектировании здания вначале выделяют общие климатические условия, выбираются самые неблагоприятные и благоприятные стороны горизонта для решения вопросов о направлениях раскрытия архитектурного пространства или его защиты. При оценке климатических условий оценивается место строительства, рельеф местности, ландшафт, обдувание объекта ветром, рассчитывается инсоляция.

Главные принципы при проектировании энергоэффективного дома — это максимально использовать выделяемую внутреннюю тепловую энергию и максимально защитить от теплопотерь через наружные ограждающие конструкции и вентиляцию, и применять альтернативные источники энергии.

Для экономии энергии применяют следующие меры:

- объемно-планировочные решения, помогают экономить энергию;
- использование дополнительной энергетически эффективной теплоизоляции стен снаружи для снижения теплопотерь;
- использование энергосберегающих форточек, окон, жалюзи;
- наружное устройство здания светопрозрачной теплицы, зимнего сада;
- часть здания обвалить грунтом: «кровля — газон», «кровля — зимний сад»;
- герметично заделать все щели и стыки, чтобы исключить утечки тепла;
- для сокращения затрат на искусственное освещение при помощи зеркальных жалюзи улучшить ввод дневного света в здание;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 22 |

- при помощи инновационных дефлекторов типа ветрокомс и «капюшон», которые не требуют подвода электроэнергии, вводить свежий воздух в здание;
- при помощи специальных теплообменников, устанавливаемых в окна или рядом с ними, утилизировать тепло и удаляемое из здания теплый воздух для подогрева наружного холодного воздуха;
- при помощи тепловых насосов утилизировать тепло от внутренних источников (люди, бытовые приборы, теплая вода после употребления и т. п.);
- пассивные системы, утилизирующие солнечную энергию, которые не требуют затрат электроэнергии;
- расположение оконных проемов и буферных зон, с точки зрения энергетически рациональной ориентации здания по сторонам света;
- исключить сквозное проветривание установкой окон только с одной стороны здания или двух смежных;
- выбор оптимальной площади остекления;
- энергоэффективные покрытия оконных стекол (с пассивными или управляемыми покрытиями, снижающими теплопотери до 50% зимой и уменьшающими тепловой поток в здание летом);
- наружные стены с динамической теплоизоляцией и воздушными каналами, через которые проходит воздух, нагреваясь и отапливая помещения.

Благодаря объемно-планировочным решениям удастся заметно снизить теплопотери. Одним из самых простых решений является наличие тамбуров на входах. Возможно, придать дому энергетически эффективную форму, обеспечивающую минимальную площадь наружных стен. Так, американский

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 23 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

архитектор Ральф Ноулз обнаружил, что отношение площади ограждающих конструкций к объему строения (так называемый коэффициент подверженности S / V) влияет на энергетическую эффективность здания. Чем меньше отношение площади ограждающих конструкций к объему, тем менее подвержено здание влияниям климата (рис. 2.1.1).

Компактность здания— это соотношение площади ограждающих конструкций (оболочки здания) и всего объема здания (его полезной площади). Здание компактнее тогда, когда площадь ограждающих конструкций меньше по отношению к полезной площади здания; а так же желательно полное отсутствие внутренних углов, балконов , эркеров и т.п. Идеальной считается форма здания максимально приближенная полушару, который стоит срезом на земле; разделить на жилые и буферные зоны; расположение вспомогательных помещений с севера в качестве буферных зон; расположение жилой зоны на юго-востоке; расположение зимних садов с южной стороны; наличие наружной летней солнцезащиты в виде выступающих архитектурных элементов: эркеров, карнизов, балконов, террас, затеняющих светопрозрачные конструкции и не дающие попадать лучам высокого летнего солнца в здание. Солнцезащитные элементы имеют, как правило, свою собственную несущую конструкцию и отдельный фундамент, так как являются "холодными" (не утепленными) и находятся снаружи от утепленной оболочки здания.

При переходе к программе экономии энергии нужно комплексно подходить к получению экономии тепловой защиты наружных ограждающих конструкций: строго учесть энергоэкономические затраты по наружным ограждениям на единицу их себестоимости, теплотехнический расчет. Он учитывает, как температуры наружных ограждающих конструкций с обеих сторон, так и поглощение ими солнечного тепла и влияние архитектурно-планировочных решений здания, и энергетический обмен между наружными ограждениями, которые находятся возле здания.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|--------------------------|------|
| | | | | | | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | | 24 |

Сравним три дома, форма одного из которых — полусфера, а другие — параллелепипед и куб, имеющих одинаковый объем (рис. 2.1.2-2.1.4).

Получим следующее:

Таблица 2.1.1 Коэффициенты компактности зданий

| Форма | V, м ³ | S, м ² | K |
|----------------|-------------------|-------------------|------|
| Параллелепипед | 11700 | 2031 | 0,17 |
| Куб | 11700 | 3091,7 | 0,26 |
| Полусфера | 11700 | 1230,8 | 0,1 |

Данная зависимость имеет размерность 1/м и предполагает, что при одинаковой кубатуре здания площадь наружных поверхностей должна быть минимальной. С этой точки зрения наибольшей энергоэффективностью обладает здание шарообразной формы, затем следует здание – куб. Здание прямоугольной менее эффективно. Энергоэффективность здания квадратной формы в плане с увеличением этажности повышается. Данная формула справедлива в том случае, когда отсутствует естественное освещение помещений и не учитывается вентиляция воздуха.

2.2. Влияние площади остекления на теплопотери и теплопоступления

Человечество использует света не меньше, чем потребляет электричество нефть, уголь, металл. Уровень развития общества характеризуется свето- энергетической степенью, измеряемой в мегалюмен·часах (Млм·ч), который вырабатывается на одного человека в год. (В России – около 43 Млм·ч, в США – около 200 Млм·ч.). На данный момент нет достижения в физиологическом оптимуме световой энергии – в 5–10 раз во многих случаях фактический ниже оптимального. Это значит, что использование света будет расти и тенденции развития общества ориентируются в дальнейшем на увеличение потребления света. В настоящее время этот рост обеспечивается преимущественно увеличением

электрического освещения, который требует наращивания объёмов электроэнергии. Около 14 % от всего электропотребления затрачивается в России на цели освещения. От 30 до 45 % общей потребляемой электроэнергии в общественных зданиях приходится на освещение [21].

Рациональное потребление естественного освещения – один из способов экономить электричества на искусственное освещение. Главным источником освещения помещений естественным способом являются световые проемы – окна разной конструкции, геометрии, размещения. Даже если современные материалы позволяют создавать светопрозрачные конструкции с повышенным сопротивлением теплопередаче, но все же они являются главными источниками теплопотерь (до 45 %) в здании, а также имеют высокие эксплуатационные затраты и строительную стоимость. Поэтому для эффективного использования энергоресурсов параметры светового проема при строительстве и реконструкции сооружений необходимо выбирать, учитывая экономии электроэнергии на искусственное освещение и сокращения затрат энергии на восполнение теплопотерь через световые проёмы зимой и кондиционирование/вентиляцию для компенсации избыточного теплопоступления через них летом. Главной задачей является найти такие решения, при которых тепловые потери через проемы окон будут низкими и не увеличат затраты на теплоснабжение, а освещение будет достаточным и не увеличит затраты на искусственное освещение. Баланс компонентов суммарных энергетических затрат позволяет установить для каждого конкретного случая оптимальный по площади оконный проем, при котором энергетические затраты на естественное и искусственное освещение будут минимальны.

Рациональное использование естественного света – это один из способов экономии электроэнергии на искусственное освещение. Основным источником естественного освещения помещений являются световых проемы – окна различной геометрии, конструкции, размещения. Несмотря на то, что современные материалы позволяют создавать светопрозрачные конструкции

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 26 |

с повышенным сопротивлением теплопередаче, тем не менее, они остаются основными источниками тепловых потерь (до 40...45 %) в здании, а также имеют высокие строительную стоимость и эксплуатационные расходы. Поэтому при строительстве и реконструкции сооружений с целью эффективного использования энергоресурсов параметры светового проема следует выбирать с учетом экономии электроэнергии на искусственное освещение и сокращения затрат энергии на восполнение теплопотерь через световые проёмы зимой и кондиционирование/вентиляцию для компенсации избыточного теплопоступления через них летом. Важной задачей является поиск таких решений, при которых теплопотери через оконные проемы будут минимальны и не увеличат затраты на теплоснабжение, а освещенность будет достаточной и не увеличит затраты на искусственное освещение. Баланс компонентов суммарных энергетических затрат позволяет установить для каждого конкретного случая оптимальный по площади оконный проем, при котором энергетические затраты на естественное и искусственное освещение будут минимальны. Основные потери теплоты Q , Вт, через ограждающие конструкции зависят от разности температуры наружного и внутреннего воздуха и определяются по формуле [21] (рис.2.2.1):

Определим потери тепловой энергии через окна.

Рассмотрим на примере сравнения 3 окон разных размеров, с одинарным остеклением, в помещении здания находящимся в г. Челябинск, 56°с.ш.

$$t_{в} = 20^{\circ}$$

$$t_{н} = -21^{\circ}$$

Размеры окон:

$$1) 0.58 \times 0.57 \quad F_1 = 0.33 \text{ м}^2$$

$$2) 0.86 \times 0.72 \quad F_2 = 0.61 \text{ м}^2$$

$$3) 1.16 \times 1.17 \quad F_3 = 1.4 \text{ м}^2$$

Сопротивление теплопередачи одинарного стекла $R = 0.17 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$

Определим теплопотери по формуле:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 27 |

$$Q = S \cdot dT / R$$

Следовательно, чем больше площадь окна, тем выше теплопотери:

$$Q_1 = 79.5 \text{ Вт},$$

$$Q_2 = 147.1 \text{ Вт},$$

$$Q_3 = 337.6 \text{ Вт}$$

Так же, сравним теплопотери на примере 3 окон с различным остеклением: одинарным, двойным и тройным; в помещении здания находящимся в г. Челябинск, 56°с.ш. Размеры окна 1.17x1.16 м

$$t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$t_{н} = -21^{\circ}\text{C}$$

$$F = 1.4 \text{ м}^2$$

Сопротивление теплопередачи одинарного стекла $R_1 = 0.17 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, двойного - $R_2 = 0.38 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, тройного $R_3 = 0.62 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$.

Определим теплопотери по формуле:

$$Q = S \cdot dT / R$$

Следовательно, получим:

$$Q_1 = 1012.9 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 453.1 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 277.7 \text{ Вт}$$

Таблица 2.2.1 Влияние площади остекления на теплопотери

| S, м ² | R, м ² ·°C | Q, Вт |
|-------------------|-----------------------|-------|
| 0,33 | 0,17 | 79.5 |
| 0,61 | 0,17 | 147.1 |
| 1,4 | 0,17 | 337.6 |

Теплопоступления от солнечного излучения через остекление

Избыточная теплота солнечного излучения немедленно поглощается средой помещения и, если речь идет о магазинах с большими застекленными витринами, зрелищных помещениях и пр., значительно увеличивает тепловую нагрузку. Действительно, в зависимости от типа стекла почти до 90% тепла солнечного излучения передается в помещение, а остальная часть отражается. В большинстве случаев тепловая нагрузка от солнечного излучения в общественных и административных зданиях может составлять до 50% в общем балансе теплопоступления. Обычно максимальная тепловая нагрузка достигается при максимальном уровне излучения. Солнечное излучение состоит из двух компонентов: прямой составляющей и рассеянной. Интенсивность солнечного излучения зависит от широты местности и варьируется в зависимости от времени года и времени суток.

Поступление тепла от солнечной радиации зависит от рода и структуры материала наружных ограждений, состояния и цвета их поверхности, угла, под которым солнечные лучи падают на поверхность, ориентации поверхности по странам света и др.

Наибольшее поступление тепла от солнечной радиации происходит через остекленные наружные поверхности: окна, фонари.

Для энергоэффективного дома крайне необходимы абсолютно герметичные конструкции. За проветривание помещения в данном случае отвечают вентиляционные клапаны, отлично решающие проблемы духоты, образования конденсата и плесени. Область примыкания окон к стенам должна быть хорошо утеплена, чтобы не дать сквознякам не единого шанса. Роль дополнительного теплоизолятора могут играть жалюзи или ставни. Подходящие для пассивных домов окна обладают высоким коэффициентом теплоэффективности, причем это касается не только стеклопакетов, но и самого профиля. Больше количество камер профиля гарантирует снижение

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 29 |

потерь тепловой энергии. В отношении теплоизоляционных свойств окна, правильное остекление является решающим фактором. Оптимальное значение теплоэкономичности окон в Скандинавии составляет около 1 Вт/м². На этом уровне потери тепла через окна снижаются до уровня потерь через другие поверхности (крыша, стены и т.д.). Применение энергоэффективных окон стало особенно актуально в связи с постоянным повышением цен на энергоносители. Энергоэффективным теплым окнам свойственны следующие отличия:

- тройное остекление с двумя низкоэмиссионными покрытиями и заполнением инертным газом;
- качественно теплоизолированное соединение остекления к оконной раме, с использованием специализированных дистанционных рамок по краям стеклопакета;
- теплоизолированные оконные рамы.

2.3 Влияние ориентации здания по солнцу на теплопоступления

Выбор ориентации здания является одним из способов снижения энергопотребления, что актуально для нашего климата, особенно зимой. Располагая основной фасад здания на юг, можем получить дополнительный обогрев помещений от солнечной энергии в холодное время года, это уменьшит стоимость отопления. Южное направление может снизить потребность в электрическом освещении за счет использования светового дня. Так же данную ориентацию здания можно использовать для обогрева здания, нагрева воды и получения солнечной энергии (рис. 2.3.1).

Важным элементом, который необходимо учитывать при проектировании энергоэффективных домов, является солнце. Энергия солнца используется при получении тепла как пассивной формы, так и активной. Многие активные системы, которые используют солнечную энергию имеют солнечные коллекторы плоские. Они устанавливаются непосредственно на здании или рядом с ним. Системы солнечных

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 30 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

коллекторов располагают на здании, что оказывает соответствующее влияние на проектные решения и ориентацию.

Основные методы пассивного использования энергии базируются на применении энергии солнечной радиации, который проникает в здание через окна. Пассивное использование энергии солнца в энергоэффективном доме очень приветствуется, потому как оно не нуждается в капитальных затратах, которые нужны при активных методах, так же способствует экономии значительного количества энергии.

Если верить исследованиям, в области использования пассивных методов солнечной энергии, двойное остекление окон, которые ориентированы на южную сторону, обеспечивает определённую экономию энергии даже без использования жалюзи или портьер ночью. Такое доступное тепло радиации солнца необходимо рассматривать как немаловажный аспект при выборе ориентации оконных проёмов и местоположения здания.

Исходя из оптимального потребления энергии солнца, следует то, что целесообразно ориентировать все оконные проёмы на южную сторону. Количество энергии, которую накапливают путем пассивного потребления солнечной радиации, заметно снизится при расположении окон, ориентированных на запад и восток, и абсолютно исключить ориентацию на север.

Нужно понимать, что условия площадки и другие некоторые условия проектирования могут блокировать прием выгодных решений. В таких моментах приемлемы решения-альтернативы, которые позволят потреблять максимальное количество энергии солнца. Использование верхнего света (зенитных фонарей), к примеру, может применяться для накопления пассивной энергии солнца, но надо помнить, что проектирование подобных элементов должно выполняться очень тщательно, потому что они могут быть причиной потери тепла.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 31 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Так же нужно отметить, что солнечный свет, очень нежелателен во время отопительного периода, так же в помещении в тёплое время года, когда возникает потребность в охлаждении воздуха. Существуют разные способы понижения солнечного теплопоступления, к примеру, использование жалюзи растений и навесов.

Расчет теплопоступлений от солнечной радиации

Рассмотрим теплопоступления в зависимости от ориентации по солнцу на примере помещения в жилом здании, в котором имеется два окна.

В помещении имеется два окна с ориентацией на ЮВ.

Географическая широта $\varphi = 55^\circ$ с.ш.;

площадь окон $F_{\text{окн.з}} = (1.5 \times 1.5) \times 2 = 4.5 \text{ м}^2$;

Максимальное количество теплоты от прямой и рассеянной солнечной радиации, проникающей через одинарное остекление:

$q_{\text{п}}^B = 330 \text{ Вт/м}^2$, $q_{\text{р}}^B = 108 \text{ Вт/м}^2$ в период с 11 до 12 ч по табл. 2.3 [22] для остекления, ориентированного на ЮВ на широте 56° .

Угол между солнечным лучом и окном:

$$\beta = \arctg(\text{ctgh} \times \cos A_{c.o})$$

где h – высота стояния Солнца;

$A_{c.o}$ – солнечный азимут остекления.

Принимаем:

$h = 54^\circ$; азимут Солнца $A_c = 12^\circ$ по табл. 2.8 [22] для периода 11-12 ч и широты 56° .

Поскольку $A_c < 45^\circ$ то по табл. 2.6 [22] $A_{c.o} = 45 - A_c = 45 - 12 = 33^\circ$

$$\beta = \arctg(\text{ctg}54 \times \cos33_{c.o}) \approx 29.2^\circ$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 32 |

Коэффициент инсоляции вертикального остекления.

$$K_{инс} = \left(1 - \frac{L_{\Gamma} \times ctg\beta - a}{H}\right) \times \left(1 - \frac{L_B \times tgA_{co} - c}{B}\right),$$

где H – высота окна; $H = 1.5$ м; B – ширина; $B = 1.5$ м;

$a = c = 0$ – т.к. отсутствуют внешние солнцезащитные козырьки;

L_{Γ} – заглубление остекления от наружной поверхности фасада (принято 0,13 м, как для кирпичных зданий); $L_{\Gamma} = L_B = 0.13$.

$$K_{инс} = \left(1 - \frac{0.13 \times ctg 29,2 - 0}{1.5}\right) \times \left(1 - \frac{0.13 \times tg 33 - 0}{1.5}\right) \approx 0.9$$

Рассмотрим это же помещение с ориентацией на Ю.

Максимальное количество теплоты от прямой и рассеянной солнечной радиации, проникающей через одинарное остекление:

Период с 11 до 12 ч по табл. 2.3 [22] для остекления, ориентированного на Ю на широте 56° .

Угол между солнечным лучом и окном:

$$\beta = arctg(ctgh \times \cos A_{c.o}) \approx 32.2^{\circ}$$

где $h = 54^{\circ}$;

$A_c = 12^{\circ}$ по табл. 2.8 [22] для периода 11-12 ч и широты 56° .

По табл. 2.6 [22] $A_{co} = A_c = 12^{\circ}$

Далее рассчитываем коэффициент инсоляции вертикального остекления.

$$K_{инс} = \left(1 - \frac{L_{\Gamma} \times ctg\beta - a}{H}\right) \times \left(1 - \frac{L_B \times tgA_{co} - c}{B}\right) \approx 0.8$$

Рассмотрим это же помещение с ориентацией на ЮЗ.

Максимальное количество теплоты от прямой и рассеянной солнечной радиации, проникающей через одинарное остекление:

$$q_{\Pi}^B = 176 \text{ Вт/м}^2, \quad q_P^B = 76 \text{ Вт/м}^2 \text{ в период с 11 до 12 ч по табл. 2.3 [22] для}$$

остекления, ориентированного на ЮЗ на широте 56° .

Угол между солнечным лучом и окном:

$$\beta = arctg(ctgh \times \cos A_{c.o}) \approx 19.2^{\circ}$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 33 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР

где $h = 54^\circ$;

$A_c = 12^\circ$ по табл. 2.8 [22] для периода 11-12 ч и широты 56° .

По табл. 2.6 [22] $A_{co} = A_c + 45 = 57^\circ$

Далее рассчитываем коэффициент инсоляции вертикального остекления.

$$K_{инс} = \left(1 - \frac{L_{\Gamma} \times ctg\beta - a}{H}\right) \times \left(1 - \frac{L_B \times tgA_{co} - c}{B}\right) \approx 0.6$$

Рассмотрим это же помещение с ориентацией на С.

Максимальное количество теплоты от прямой и рассеянной солнечной радиации, проникающей через одинарное остекление:

Период с 11 до 12 ч по табл. 2.3 [22] для остекления, ориентированного на С на широте 56° .

Угол между солнечным лучом и окном:

$h = 54^\circ$;

$A_c = 12^\circ$ по табл. 2.8 [6] для периода 11-12 ч и широты 56° .

По табл. 2.6 [22] $A_{co} = 180 - A_c = 168^\circ$

$$\beta = arctg(ctgh \times \cos A_{co}) \approx -32.2^\circ$$

Поэтому коэффициент инсоляции вертикального остекления:

$$K_{инс} = 0$$

Рассмотрим это же помещение с ориентацией на СЗ.

Максимальное количество теплоты от прямой и рассеянной солнечной радиации, проникающей через одинарное остекление:

Период с 11 до 12 ч по табл. 2.3 [6] для остекления, ориентированного на СЗ на широте 56° .

Угол между солнечным лучом и окном:

$h = 54^\circ$;

$A_c = 12^\circ$ по табл. 2.8 [22] для периода 11-12 ч и широты 56° .

По табл. 2.6 [22] $A_{co} = 135 - A_c = 123^\circ$

$$\beta = arctg(ctgh \times \cos A_{co}) \approx -19.2^\circ$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 34 |

Довольно сильно на жилую застройку и дома сказывается влияние ветра. При влиянии ветрового потока на здание он начинает оказывать давление на ту часть фасада, которая обращена к нему, этот фасад будет называться наветренной частью здания. В итоге с этой части здания образуется ветровой подпор или зона повышенного давления, в то время, когда холодный воздух начинает более интенсивно проникать через щели внутрь жилых помещений, окна, стены, стыки, сильно их охлаждая – это явление называется инфильтрацией. Среди трех факторов (давление под действием системы вентиляции, гравитационное давление ветровое давление), определяющих инфильтрационный перепад давлений, ветровой напор наиболее значим.

Ветровой поток, обогнув здание, продолжает двигаться, образуя с противоположной стороны (подветренная или заветренная часть здания) – ветровой отсос или зону пониженного давления. В результате чего с двух противоположных сторон дома возникает существенный перепад давлений, что в помещении позволяет проникновению холодного воздуха, сильные сквозняки, внутри дома более интенсивному движению воздуха от наветренной стороны к противоположной, понижение температуры внутреннего воздуха и резкое увеличение тепловых потерь зимой, выветривающие тепло из комнат.

При неизменной температуре наружного воздуха увеличение скорости ветра способствует увеличению давления на наветренный фасад дома, в результате этого растут теплотери помещения, которые связаны с нагревом поступающего воздуха. Следует обратить внимание на то, что направление и скорость ветра оказывают более сильное влияние на распределение потоков воздуха в системе вентиляции и на расходы инфильтрации, в отличие от температуры наружного воздуха. Изменение температуры наружного воздуха от -15°C до -30°C приводит к такому

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 37 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

увеличению воздухообмена в квартире, как и увеличение скорости ветра от 3 до 3,6 м/с.

Увеличение скорости ветра не влияет на расход воздуха, уходящего из квартиры подветренного фасада. Но все же при недостаточно герметичных входных дверях приток в квартиры увеличивается через двери и уменьшается через окна. Из-за этого к входным дверям в квартиры СНиП "Строительная теплотехника" [23] предъявляются высокие требования герметичности, которые обеспечивают воздухопроницаемость не более 1,5 кг/ч·м².

Кроме того, негерметичность квартирных дверей создает проблему проникновения отработанного воздуха из квартир нижних этажей по лестничной клетке в квартиры верхних этажей [23], в итоге даже при отлично работающей вытяжной вентиляции приток свежего воздуха значительно снижается. В домах с расположением квартир с одной стороны эта проблема усугубляется.

При естественной вытяжной вентиляции окна играют роль приточных устройств. С одной стороны, малая воздухопроницаемость окон приводит к нежелательному сокращению воздухообмена, а с другой – к экономии теплоты на подогрев инфильтрационного воздуха. Воздухопроницаемость окон жилых зданий по СНиП "Строительная теплотехника" не должна превышать 5 кг/ч·м² для пластиковых и алюминиевых окон, 6 кг/ч·м² – для деревянных. Согласно действующим нормам расход инфильтрующегося воздуха можно определить по нормируемым значениям, либо по располагаемой разности давлений:

$$G_i = 0,216 \sum A_1 \Delta p_m^{0,67} / R + \sum A_2 G_{H_i} (\Delta p_i / \Delta p_1)^{0,67} + 3456 \sum A_3 \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \sum l \Delta p_i / \Delta p_1$$

где A1, A2 – площади наружных ограждающих конструкций, м², соответственно световых проемов и других ограждений; A3 – площадь

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 38 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР

Расход тепла для зданий при отсутствии ветра и расчетной температуре наружного воздуха составляет около 80% от расхода тепла при расчетной скорости ветра м/с.

Согласно расчетным данным МНИИТЭП о влиянии скорости ветра на теплопотери при различных температурах наружного воздуха для 16-этажного здания, расход тепла для заветренного фасада и при отсутствии ветра для большей части отопительного сезона составляет 80-88 % от расхода тепла наветренным фасадом при расчетной скорости ветра 5 м/с.

Расчет инфильтрации

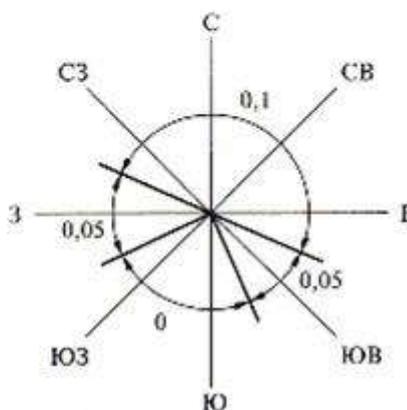
Расчет инфильтрации – это расчет за счет давления на стену воздухопроницаемости ограждений. Разностью масс создается давление на стену.

Также при расчете тепловых потерь дома в теплотехнике встречается понятие того, что в зависимости от положения стен относительно сторон света меняются теплопотери. И разница между стеной, расположенной на север и стеной, смотрящей на юг всего 10%.

$$W = \frac{t_1 - t_2}{R_{вн} + R_{мат} + R_{нар}} \cdot S \cdot \beta$$

где значения коэффициента β указаны в таблице.

| Сторона света | β |
|---------------|---------|
| Юг | 1 |
| Север | 1,1 |
| запад | 1,05 |
| восток | 1,05 |



Расчет инфильтрационных теплопотерь

На примере 2-х этажного здания. Температура наружного воздуха в ХП по параметрам "Б" $t_{н5} = -39$ °С [23], средняя по зданию температура внутреннего воздуха в ХП для расчета системы отопления $t_6 = +20$ °С [3].

Характеристика здания

Высота $H_1 = 11.2$ м; $H_2 = 8,0$ м; длина $L = 42$ м; ширина $B = 39$ м; площадь остекления фасадов $F_{общ.} = 123.61$ м²;

$$F_{с.в} = 28.95 \text{ м}^2; F_{ю.з} = 37.86 \text{ м}^2; F_{с.з} = 31.18 \text{ м}^2; F_{ю.в} = 17.82 \text{ м}^2; F_3 = 7.8 \text{ м}^2;$$

$$h_{1э} = 1.9 \text{ м} - \text{высота от уровня земли до центра окна 1-го этажа, м};$$

$$h_{2э} = 5.0 \text{ м} - \text{высота от уровня земли до центра окна 2-го этажа, м};$$

$$\text{Сопrotивление окон воздухопроницанию: } R_{И.ок} = 0,32 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч)/кг}$$

Экономайзерный коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в конструкции окна: $A_э = 0,8$.

Средние величины аэродинамических коэффициентов фасада – по[9]:

$$\text{навстречный фасад} - C_H = +0,8;$$

$$\text{заветренный фасад} - C_з = -0,6$$

$$\text{боковой фасад} - C_B = -0,4.$$

Предварительный расчет

Плотность воздуха снаружи:

$$\rho_H = \frac{353}{273+t_H} = \frac{353}{273-39} = 1,51 \text{ кг/м}^3$$

Плотность воздуха в здании:

$$\rho_B = \frac{353}{273+t_6} = \frac{353}{273+20} = 1,2 \text{ кг/м}^3$$

Разность удельного веса воздуха снаружи и в здании:

$$\Delta\gamma = 9.81 \times (\rho_H - \rho_B) = 9.81 \times (1.51 - 1.2) = 3.041 \text{ Н/м}^3$$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--------------------------|------|
| | | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 41 |

$$P_{HG} = (H_1 - h_{2Э}) \times \Delta\gamma = (11.2 - 5.0) \times 3.041 \approx 18.85 \text{ Па}$$

$$P_{H2Э} = P_{HG} + P_{vH} = 34.34 + 4.9 = 39.24 \text{ Па}$$

боковой фасад:

$$1\text{-й этаж: } P_{H1Э.Б} = P_{HG} + P_{vБ} = 28.28 + 4.9 = 33.18 \text{ Па}$$

$$2\text{-й этаж: } P_{H2Э.Б} = P_{HG} + P_{vБ} = 18.85 + 4.9 = 23.75 \text{ Па}$$

3. Вычисляем расчетную разность давления с двух сторон окон каждого этажа:

$$1\text{-й этаж: } \Delta P_{1Э} = P_{H1Э} - P_0 = 62.62 - 27.69 = 34.93 \text{ Па};$$

$$2\text{-й этаж: } \Delta P_{2Э} = P_{H2Э} - P_0 = 39.24 - 27.69 = 11.55 \text{ Па.}$$

Так как $\Delta P_{Э} > 0$, продолжаем расчеты;

боковой фасад:

$$1\text{-й этаж: } \Delta P_{1Э.Б} = P_{H1Э.Б} - P_0 = 33.18 - 27.69 = 5.49 \text{ Па};$$

$$2\text{-й этаж: } \Delta P_{2Э.Б} = P_{H2Э.Б} - P_0 = 23.75 - 27.69 = -3.94 \text{ Па.}$$

4. Вычисляем расчет воздуха, проходящего через 1 м² окна на каждом этаже (только для наветренной стороны и для 1 этажа бокового фасада)

Наветренная сторона.

$$1\text{-й этаж: } g_{инф.1Э} = \frac{1}{R_{H.ок}} \times \left(\frac{\Delta P_{1Э}}{10} \right)^{2/3} = \frac{1}{0.32} \times \left(\frac{34.93}{10} \right)^{2/3} \approx 7.19 \text{ кг}/(\text{ч.м}^2);$$

$$2\text{-й этаж: } g_{инф.2Э} = \frac{1}{R_{H.ок}} \times \left(\frac{\Delta P_{2Э}}{10} \right)^{2/3} = \frac{1}{0.32} \times \left(\frac{11.55}{10} \right)^{2/3} \approx 3.44 \text{ кг}/(\text{ч.м}^2).$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--------------------------|------|
| | | | | | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | 43 |

Боковой фасад.

$$1\text{-й этаж: } g_{\text{инф.1Э}} = \frac{1}{R_{\text{н.ок}}} \times \left(\frac{\Delta P_{1Э}}{10} \right)^{2/3} = \frac{1}{0.32} \times \left(\frac{5.49}{10} \right)^{2/3} \approx 2.1$$

5. Вычисляем удельный поток теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха:

1-й этаж (наветренный фасад СВ):

$$q_{\text{инф.1Э}} = 0,278 \times g_{\text{инф.1Э}} \times c_{\text{в}} \times (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \times A_{\text{Э}} = 0,278 \times 7,19 \times 1,005 \times (20 - (-39)) \times 0,8 = 94,82$$

Вт/м²;

2-й этаж (наветренный фасад СВ):

$$q_{\text{инф.2Э}} = 0,278 \times g_{\text{инф.2Э}} \times c_{\text{в}} \times (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \times A_{\text{Э}} = 0,278 \times 3,44 \times 1,005 \times (20 - (-39)) \times 0,8 = 45,36 \text{ Вт/м}^2.$$

1-й этаж (боковой фасад):

$$q_{\text{инф.2Э}} = 0,278 \times g_{\text{инф.2Э}} \times c_{\text{в}} \times (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \times A_{\text{Э}} = 0,278 \times 2,1 \times 1,005 \times (20 - (-39)) \times 0,8 = 34,62 \text{ Вт/м}^2.$$

Направление ветра на 2-ой фасад (СЗ):

1. Вычисляем внутреннее избыточное давление воздуха в здании:

$$P_{0Г} = 0,5 \times P_{Г} = 0,5 \times 34,06 = 17,03 \text{ Па} - \text{гравитационная составляющая } P_0;$$

$$P_{0в} = \frac{P_{\text{ВН}} \times F_{0,н} + P_{\text{ВБ}} \times F_{0,б1} + P_{\text{ВБ}} \times F_{0,б2}}{F_{0,н} + F_{0,б1} + F_{0,б2} + F_{0,з}} = \frac{34,34 \times 31,18 + 4,9 \times 37,86 + 4,9 \times 28,95}{31,18 + 37,86 + 28,95 + 17,82} \approx 12,07$$

Па – ветровая составляющая P_0 .

$$P_0 = P_{0Г} + P_{0в} = 17,03 + 12,07 = 29,1 \text{ Па}$$

2. Вычисляем избыточное давление воздуха с наветренной стороны здания на уровне центра окон каждого этажа:

1-й этаж:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 44 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$P_{HG} = (H_1 - h_{1Э}) \times \Delta\gamma = (11.2 - 1.9) \times 3.041 \approx 28.28 \text{ Па}$$

$$P_{H1Э} = P_{HG} + P_{VH} = 28.28 + 34.34 = 62.62 \text{ Па}$$

2-й этаж:

$$P_{HG} = (H_1 - h_{2Э}) \times \Delta\gamma = (11.2 - 5.0) \times 3.041 \approx 18.85 \text{ Па}$$

$$P_{H2Э} = P_{HG} + P_{VH} = 18.85 + 4.9 = 23.75 \text{ Па}$$

боковой фасад:

$$1\text{-й этаж: } P_{H1Э.Б} = P_{HG} + P_{VB} = 28.28 + 4.9 = 33.18 \text{ Па}$$

$$2\text{-й этаж: } P_{H2Э.Б} = P_{HG} + P_{VB} = 18.85 + 4.9 = 23.75 \text{ Па}$$

3. Вычисляем расчетную разность давления с двух сторон окон каждого этажа:

$$1\text{-й этаж: } \Delta P_{1Э} = P_{H1Э} - P_0 = 62.62 - 29.1 = 33.52 \text{ Па};$$

$$2\text{-й этаж: } \Delta P_{2Э} = P_{H2Э} - P_0 = 39.24 - 29.1 = 10.14 \text{ Па}.$$

Так как $\Delta P_{Э} > 0$, продолжаем расчеты;

боковой фасад:

$$1\text{-й этаж: } \Delta P_{1Э.Б} = P_{H1Э.Б} - P_0 = 33.18 - 29.1 = 4.08 \text{ Па};$$

$$2\text{-й этаж: } \Delta P_{2Э.Б} = P_{H2Э.Б} - P_0 = 23.75 - 29.1 = -5.35 \text{ Па}.$$

4. Вычисляем расчет воздуха, проходящего через 1 м² окна на каждом этаже (только для наветренной стороны и для 1 этажа бокового фасада)

Наветренная сторона.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 45 |

$$P_0 = P_{0Г} + P_{0V} = 17.03 + 13.3 = 30.33 \text{ Па}$$

2. Вычисляем избыточное давление воздуха с наветренной стороны здания на уровне центра окон каждого этажа:

1-й этаж:

$$P_{HG} = (H_1 - h_{1Э}) \times \Delta\gamma = (11.2 - 1.9) \times 3.041 \approx 28.28 \text{ Па}$$

$$P_{H1Э} = P_{HG} + P_{VH} = 28.28 + 34.34 = 62.62 \text{ Па}$$

2-й этаж:

$$P_{HG} = (H_1 - h_{2Э}) \times \Delta\gamma = (11.2 - 5.0) \times 3.041 \approx 18.85 \text{ Па}$$

$$P_{H2Э} = P_{HG} + P_{VH} = 18.85 + 4.9 = 23.75 \text{ Па}$$

боковой фасад:

$$1\text{-й этаж: } P_{H1Э.Б} = P_{HG} + P_{VB} = 28.28 + 4.9 = 33.18 \text{ Па}$$

$$2\text{-й этаж: } P_{H2Э.Б} = P_{HG} + P_{VB} = 18.85 + 4.9 = 23.75 \text{ Па}$$

3. Вычисляем расчетную разность давления с двух сторон окон каждого этажа:

$$1\text{-й этаж: } \Delta P_{1Э} = P_{H1Э} - P_0 = 62.62 - 30.33 = 32.29 \text{ Па};$$

$$2\text{-й этаж: } \Delta P_{2Э} = P_{H2Э} - P_0 = 23.75 - 30.33 = -6.58 \text{ Па}.$$

Так как $\Delta P_{2Э} < 0$, продолжаем расчеты;

боковой фасад:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 47 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$1\text{-й этаж: } \Delta P_{1Э.Б} = P_{H1Э.Б} - P_0 = 33.18 - 30.33 = 2.85 \text{ Па};$$

$$2\text{-й этаж: } \Delta P_{2Э.Б} = P_{H2Э.Б} - P_0 = 23.75 - 30.33 = -6.58 \text{ Па.}$$

4. Вычисляем расчет воздуха, проходящего через 1 м² окна на каждом этаже (только для наветренной стороны и для 1 этажа бокового фасада):

Наветренная сторона.

$$1\text{-й этаж: } g_{инф.1Э} = \frac{1}{R_{H.ок}} \times \left(\frac{\Delta P_{1Э}}{10} \right)^{2/3} = \frac{1}{0.32} \times \left(\frac{32.29}{10} \right)^{2/3} \approx 6.83 \text{ кг/(ч.м}^2\text{)};$$

$$2\text{-й этаж: } g_{инф.2Э} = \frac{1}{R_{H.ок}} \times \left(\frac{\Delta P_{2Э}}{10} \right)^{2/3} = \frac{1}{0.32} \times \left(\frac{8.91}{10} \right)^{2/3} \approx 2.89 \text{ кг/(ч.м}^2\text{)}.$$

Боковой фасад.

$$1\text{-й этаж: } g_{инф.1Э} = \frac{1}{R_{H.ок}} \times \left(\frac{\Delta P_{1Э}}{10} \right)^{2/3} = \frac{1}{0.32} \times \left(\frac{2.85}{10} \right)^{2/3} \approx 1.35 \text{ кг/(ч.м}^2\text{)}.$$

5. Вычисляем удельный поток теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха:

1-й этаж (наветренный фасад ЮЗ):

$$q_{инф.1Э} = 0.278 \times g_{инф.1Э} \times c_v \times (t_в - t_н) \times A_э = 0.278 \times 6.83 \times 1.005 \times (20 - (-39)) \times 0.8 = 90.07$$

Вт/м²;

2-й этаж (наветренный фасад ЮЗ):

$$q_{инф.2Э} = 0.278 \times g_{инф.2Э} \times c_v \times (t_в - t_н) \times A_э = 0.278 \times 2.89 \times 1.005 \times (20 - (-39)) \times 0.8 = 38.11 \text{ Вт/м}^2.$$

1-й этаж (боковой фасад):

$$q_{инф.2Э} = 0.278 \times g_{инф.2Э} \times c_v \times (t_в - t_н) \times A_э = 0.278 \times 1.35 \times 1.005 \times (20 - (-39)) \times 0.8 = 17.80 \text{ Вт/м}^2.$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 48 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | | | | |

Направление ветра на 4-й фасад (ЮВ):

1. Вычисляем внутреннее избыточное давление воздуха в здании:

$$P_{0Г} = 0.5 \times P_G = 0.5 \times 34.06 = 17.03 \text{ Па} - \text{гравитационная составляющая } P_0;$$

$$P_{0В} = \frac{P_{ВН} \times F_{0.Н} + P_{ВБ} \times F_{0.Б1} + P_{ВБ} \times F_{0.Б2}}{F_{0.Н} + F_{0.Б1} + F_{0.Б2} + F_{0.З}} = \frac{34.34 \times 17.82 + 4.9 \times 28.95 + 4.9 \times 37.86}{31.18 + 37.86 + 28.95 + 17.82} \approx 8.11$$

Па – ветровая составляющая P_0 .

$$P_0 = P_{0Г} + P_{0В} = 17.03 + 8.11 = 25.14 \text{ Па}$$

2. Вычисляем избыточное давление воздуха с наветренной стороны здания на уровне центра окон каждого этажа:

1-й этаж:

$$P_{НГ} = (H_1 - h_{1Э}) \times \Delta\gamma = (11.2 - 1.9) \times 3.041 \approx 28.28 \text{ Па}$$

$$P_{Н1Э} = P_{НГ} + P_{ВН} = 28.28 + 34.34 = 62.62 \text{ Па}$$

2-й этаж:

$$P_{НГ} = (H_1 - h_{2Э}) \times \Delta\gamma = (11.2 - 5.0) \times 3.041 \approx 18.85 \text{ Па}$$

$$P_{Н2Э} = P_{НГ} + P_{ВН} = 18.85 + 4.9 = 23.75 \text{ Па}$$

боковой фасад:

$$1\text{-й этаж: } P_{Н1Э.Б} = P_{НГ} + P_{ВБ} = 28.28 + 4.9 = 33.18 \text{ Па}$$

$$2\text{-й этаж: } P_{Н2Э.Б} = P_{НГ} + P_{ВБ} = 18.85 + 4.9 = 23.75 \text{ Па}$$

3. Вычисляем расчетную разность давления с двух сторон окон каждого этажа:

$$1\text{-й этаж: } \Delta P_{1Э} = P_{Н1Э} - P_0 = 62.62 - 25.14 = 37.48 \text{ Па};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 49 |

1-ый этаж (боковой фасад):

$$q_{инф.2э} = 0.278 \times g_{инф.2э} \times c_6 \times (t_6 - t_n) \times A_э = 0.278 \times 2.78 \times 1.005 \times (20 - (-39)) \times 0.8 = 45.83 \text{ Вт/м}^2.$$

Таблица 2.4.1 Расчет избыточного давления воздуха в здании

| № фасада | H, м | B, L, м | $F_{фас.i}$, м ² | $F_{o.i}$, м ² | $f_{ост}$ | $P_{ог}$, Па | $P_{ов}$, Па | P_0 , Па |
|----------|------|---------|------------------------------|----------------------------|-----------|---------------|---------------|------------|
| 1 (СВ) | 11.2 | 27 | 302.4 | 28.95 | 0.096 | 17.03 | 10.66 | 27.69 |
| 2 (СЗ) | 11.2 | 27 | 302.4 | 31.18 | 0.1 | 17.03 | 12.07 | 29.1 |
| 3 (ЮЗ) | 11.2 | 42 | 265.3 | 37.86 | 0.14 | 17.03 | 13.3 | 30.33 |
| 4 (ЮВ) | 11.2 | 42 | 265.3 | 17.82 | 0.07 | 17.03 | 8.11 | 25.14 |
| | | | | $\Sigma=115.81$ | | | | |

Примечание: $f_{ост}$ – коэффициент остекленности i-го фасада (контрольная величина);

$$f_{ост} = \frac{F_{o.i}}{F_{фас.i}}; \text{ где } F_{фас.i} = H \times B \text{ или } H \times L \text{ – площадь i-го фасада.}$$

Таблица 2.4.2 Расчет удельных потерь теплоты от инфильтрации

| Наветр. фасад | Этаж | $H_{iЭ}$, м | $R_{н.г.}$, Па | $R_{н.э.}$, Па | $\Delta P_{iЭ}$, Па | $g_{инф.iЭ}$, кг/(ч.м ²) | $q_{инф.iЭ}$, Вт/м ² | $\Delta P_{iЭ.Б.}$, Па | $q_{инф.iЭ.Б.}$, Вт/м ² |
|---------------|------|--------------|-----------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| СВ | 1-й | 1.9 | 28.28 | 62.62 | 34.93 | 7.19 | 94.8 2 | 5.49 | 45.83 |
| СЗ | | 1.9 | 28.28 | 62.62 | 33.52 | 7.0 | 2.31 | 4.08 | 22.68 |
| ЮЗ | | 1.9 | 28.28 | 62.62 | 32.29 | 6.83 | 0.07 | 2.85 | 17.8 |
| ЮВ | | 1.9 | 28.28 | 62.62 | 37.48 | 7.54 | 9.43 | 8.04 | 34.62 |
| СВ | 2-й | 5.0 | 18.85 | 39.24 | 11.55 | 3.44 | 5.36 | -3.94 | - |
| СЗ | | 5.0 | 18.85 | 39.24 | 10.14 | 3.15 | 1.54 | -5.35 | - |
| ЮЗ | | 5.0 | 18.85 | 39.24 | 8.91 | 2.89 | 8.11 | -6.58 | - |
| ЮВ | | 5.0 | 18.85 | 39.24 | 14.1 | 0.85 | 1.82 | -1.39 | - |

Значительное количество теплоты — 20—30% от общих теплопотерь дома теряется через окна. Поэтому нужно обратить особое внимание на окна для того, чтобы поддержать благоприятный микроклимат в помещении, уменьшить расходы топлива и снизить тепловые потери. Относительно невысокие затраты на улучшение оконной теплоизоляции позволяют повысить тепловой комфорт в помещении и приносят значительное снижение расходов на отопление.

На теплопотери через стены и в особенности через оконные проемы и стыки коробок оконных с стенами ветер оказывает сильное влияние. Так как строительные конструкции и материалы являются воздухопроницаемыми в меньшей или большей степени, то через них воздух проникает из помещения на улицу, и с улицы в помещение. Тогда, когда воздух снаружи попадает внутрь дома это называется инфильтрацией, эксфильтрацией— если наружу из помещения.

Через стыки, конструкцию стен, и неплотности окон в зимний период при инфильтрации проникает холодный воздух. Пройдя через толщу стены, внутри ограждения и на его поверхности он снижает температуру, а попадая в комнату, вызывает добавочные теплопотери и охлаждает внутренний воздух. Намного больше тепловых потерь при инфильтрации происходят через стыки оконных блоков со стенами и окна.

Теплый воздух при эксфильтрации переходит через наружное ограждение из помещения, на его поверхности и в толще повышая температуру и увеличивая тепловые потери жилого дома. Так же, при эксфильтрация вызывает повышение вероятности конденсатного выпадения на остеклении, стене, внутри ограждений и оконных откосах.

Теплопотери через перекрытия первого этажа чаще всего составляют от 3 до 10% тепловых потерь общих. Во время строительства здания необходимо хорошо выполнить теплоизоляцию цокольного перекрытия и обеспечить на поверхности пола температуру не более чем на 2°С ниже температуры внутреннего воздуха.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 54 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Через крышу в холодное время года теряется часть тепла, причем в одно-, двухэтажных зданиях они выше, чем в многоэтажных, и составляют примерно 30—35 и 5—10%. Поэтому при проектировании и строительстве малоэтажных индивидуальных домов нужно обратить внимание на теплоизоляции перекрытия чердачного перекрытия или верхнего этажа. Обычно на втором этаже двухэтажного жилого дома устраивают мансарды— жилые комнаты. Крыша в них выполняет роль наружного ограждения, которая защищает помещение от ветра, дождя и холода. Его хорошие теплоизоляционные качества снижают затраты на отопление дома, создают тепловой комфорт и уют для живущих, а в жаркую погоду защищают от перегрева комнату.

Сравним теплотери на примере гладкого фасада здания и фасадов с использованием солнечных карнизов и декоративных элементов из стеновой панели серии 1.090.1-1.

Формула для расчета:

$$Q = S \cdot dT / R$$

S – площадь ограждающих конструкций;

R – термическое (температурное) сопротивление теплопередаче.
(м²•°C)/Вт;

dT – разность температур внутреннего и наружного воздуха.

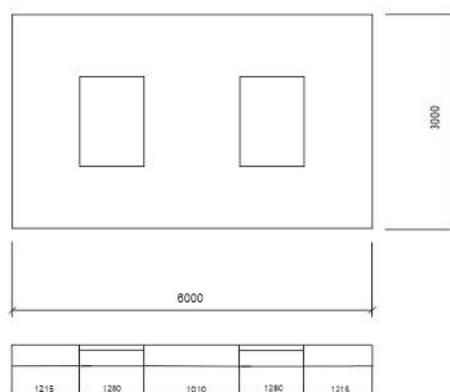


Рисунок 2.5.1 Фасад здания

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 55 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$t_{вн}=21$$

$$t_{нар}=(-25)$$

$$S_1=10,2 \text{ м}^2$$

$$R_1=3,57 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$Q_1=10,2 \cdot 46/3,57=131,4 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

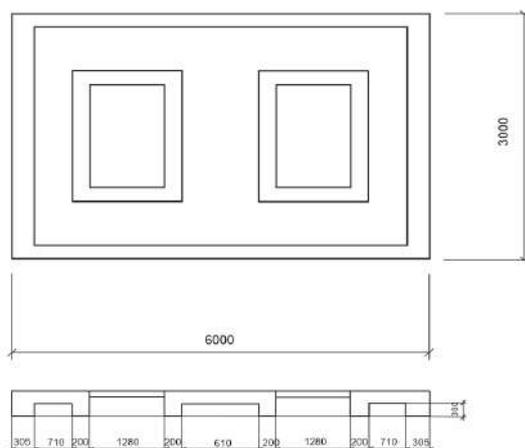


Рисунок 2.5.2 Фасад из стеновой панели серии 1.090.1-1

$$t_{вн}=21$$

$$t_{нар}=(-25)$$

$$S_2=13,8 \text{ м}^2$$

$$R_2=3,57 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$Q_2=13,8 \cdot 46/3,57=177,8 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 56 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

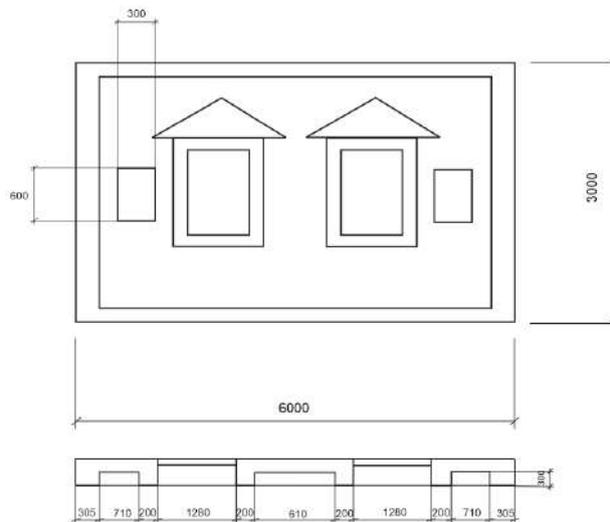


Рисунок 2.5.3 Фасад из стеновой панели серии 1.090.1-1с
использованием солнечных карнизов и декоративных элементов

$$t_{\text{вн}}=21$$

$$t_{\text{нар}}=(-25)$$

$$S_{\text{к}}=0,84 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{д}}=0,24$$

$$S_{\text{огр.к}}=13,8 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{общ}}=14,88 \text{ м}^2$$

$$R_3=3,57 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$Q_3=14,88 \cdot 46/3,57=191,7 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 57 |

Таблица 2.5.1 Результаты расчетов теплотерь наружных ограждающих конструкций

| S, м ² | R, м ² ·°C | Q, Вт · ч |
|-------------------|-----------------------|-----------|
| 10,2 | 3,57 | 131,4 |
| 13,8 | 3,57 | 177,8 |
| 14,88 | 3,57 | 191,7 |

На основании расчетов можно сделать вывод о том, что чем больше дополнительных элементов на фасаде здания, тем выше будут теплотери.

2.6 Влияние полузаглубленного положения здания и тепловой инерции грунта

Сегодня энергетическая эффективность зданий выступает как один из главных показателей на рынке недвижимости. Одним из способов повышения энергоэффективности зданий является использование принципов проектирования биопозитивных заглубленных зданий. Нами предложена инновационная стратегия проектирования энергоэффективных заглубленных зданий. Строительство таких зданий позволит значительно сократить эксплуатационные расходы за счет снижения потребления тепловой энергии заглубленными зданиями, поскольку почти 30% ограждающих конструкций оказываются заглубленными в грунт.

Для разработки проектных решений заглубленных зданий и возможных способов повышения энергоэффективности таких зданий определены тепловые потери через ограждающие конструкции и выявлены зоны с максимальными значениями тепловых потоков через конструкции ограждения, а также рассмотрены различные варианты утепления наружных ограждающих конструкций.

Расчет теплопотерь здания при различном заглубление в грунт

Теплопотери рассчитываются по формуле:

$$W = \frac{t_{вн} - t_{нар}}{R_{вн} + R_{мат} + R_{нар}} \cdot S$$

$$t_{вн} = 21^{\circ}\text{C}$$

$$t_{нар} = -25^{\circ}\text{C}$$

$$R_{нар} = 0.04 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$R_{нар(гр)} = 0.5 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$R_{вн} = 0.115 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$R_{мат} = 0.166 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$S_{огр.к} = 90 \text{ м}^2$$

$$W_1 = 9557,1 \text{ Вт} \cdot \text{ч (рис. 2.6.1)}$$

$$W_2 = 6515,1 \text{ Вт} \cdot \text{ч (рис. 2.6.2)}$$

$$W_3 = 5754,6 \text{ Вт} \cdot \text{ч (рис. 2.6.3)}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 59 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

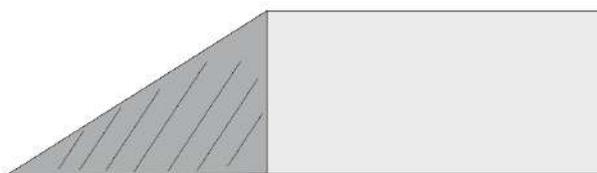


Рисунок 2.6.1 Заглубление одной стены здания



Рисунок 2.6.1 Полузаглубление здание

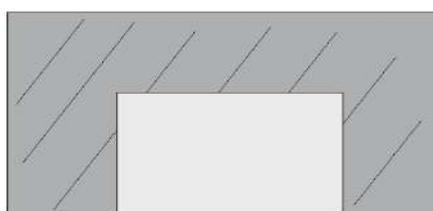


Рисунок 2.6.1 полностью заглубленное здание

В результате исследования величин теплового потока от степени заглубления здания в грунтовый массив установлено, что существенное снижение тепловых потерь происходит лишь при заглублении здания до определенной отметки (отметка верха покрытия здания -0.9 м). Дальнейшее заглубление энергетического эффекта не приносит, однако при этом увеличиваются объемы земляных работ.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 60 |

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

В результате исследования влияния архитектурно-планировочных решений установлено, что при проектировании энергоэффективного здания необходимо учитывать:

- 1) Купольный дом потребляет на 20% меньше затрат на отопление.
- 2) Исходя из оптимального потребления энергии солнца, следует то, что целесообразно ориентировать все оконные проёмы на южную сторону. Расположить вспомогательные помещения с севера, расположить жилые зоны на юго-востоке. Коэффициенты инсоляции следующие С, СВ, СЗ, В-0, Ю-0.8, ЮЗ- 0.6, ЮВ-0.9, З-0.24.
- 3) Определены теплотери через окна, в зависимости от площади и с различным остеклением. Снижение затрат энергии на отопление здания достигается использованием теплозащитного остекления с коэффициентом теплопередачи приблизительно 1,4–1,6 Вт/ (м². °С)
- 4) Теплотери зданий с выступающим частями повышают теплотери за счет того, что увеличивается площадь ограждающих конструкций.
- 5) Результаты расчета потерь тепла через ограждающие конструкции свидетельствуют, что при размещении заглубленного здания на склоне, теплотери снижаются на 32% по сравнению с наземным зданием, при обваловке покрытия здания грунтом теплотери снижаются на 65% и при дополнительном утеплении стены, которая граничит с наружным воздухом, теплотери возможно понизить на 85%.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 61 |

ГЛАВА 3 СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

3.1 Ширококорпусные здания

Благодаря аналитическому анализу жилой застройки Российских городов и городов других стран понятно, что жилые дома, построенные во второй половине двадцатого века, по своим конструктивным, архитектурным и объемно-планировочным решениям очень схожи. В особенности это касается жилых домов, возводимых из конструкций и деталей заводского изготовления индустриальными методами. Крупноблочные, большинство кирпичных и крупнопанельные дома, построенные в 60-х годах, имеют 5-этажную высоту, а в более поздние годы – до 9–12–16 и более этажей. Планировки квартир, архитектурные формы, инженерные и конструктивные и системы совершенствовались по мере развития заводского домостроения. Не менялась только корпусная ширина домов (10–11 м), в них ограниченный набор типов квартир (2–3 типа), кровельные конструкции недолговечны, тепловая эффективность ограждающих конструкций низкая.

Из-за резкого подорожания ресурсов топлива и то, что ограждающие конструкции имеют малое значение коэффициента сопротивления теплопередаче, повысило отопительные затраты жилых домов, которые за 4–5 лет стали равными или превысили единовременные затраты на их строительство. В дальнейшем строить здания с низкой энергоэффективностью стало недопустимо и нецелесообразно.

Выросшие размеры затрат на коммунальные услуги вызывают заинтересованность у квартиросъемщиков и домовладельцев в энергоэкономии в эксплуатационный период зданий. Российские ученые из академии архитектуры и строительных наук сделали выводы о необходимости коренного усовершенствования проектных решений жилых домов и застройки российских городов. Основной концептуальной рационализацией массового жилищного строительства в России является переход к проектированию и возведению

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 62 |

тройными стеклопакетами или остеклением, кровли – из однослойных полимерных пленок со сроком службы 20–25 лет, гидроизоляция санузлов из того же материала обеспечит гарантированную долговечность, сокращение до 40% затрат энергоресурсов на отопление жилых зданий. Это в расчете на 1 млн. м² общей площади экономит за отопительный сезон 25–30 тыс. тонн условного топлива, сохранит и более рационально использует мощную домостроительную базу.

Естественно, что переход к строительству ширококорпусных жилых домов и соответствующей реконструкции жилого фонда потребует разработки принципиально новых проектов зданий, пересмотра норм проектирования, технического переоснащения базы домостроения и других подготовительных мер.

Одними из последних отечественных разработок являются ширококорпусные дома. Увеличение корпусной ширины дома до 18—20 м (теоретически до 23,6 м) с соблюдением всех норм естественной инсоляции, освещенности, воздухообмена это принципиальное их отличие от домов типовых серий, строившихся до нашего времени. Так как ШКД раза в 1,5 шире обычных домов (рис. 3.1.2), то отношение полезной площади жилой к площади наружных стен становится больше. Поэтому на 20 — 40% снижаются теплопотери. Из-за этой причины, а также за счет того, что возможно довести площади жилья на один лестнично-лифтовой блок до нормативов, и использовать участки застройки более рационально, стоимость метра квадратного жилья снижается примерно на 15% по сравнению с самыми экономичными из массовой застройки сериями домов. Несложное на вид изменение параметров планировки ШКД обеспечивает целое множество их преимуществ. В первую очередь повышается маневренность планировки — ШКД можно проектировать с разным набором квартир до 6 комнат в квартирах, которые располагаются как на одном, так и на двух уровнях. Так же, ШКД до 25% экономит в эксплуатации, чем обычные. На нежилых первых этажах подобных домов можно размещать торговые предприятия без

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--------------------------|------|
| | | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 64 |

дополнительных пристроек, а в подвальных этажах и цокольных — автомобильные стоянки в два ряда. Домам характерно иметь разнообразную конфигурацию в плане (угловые, протяженные, башенные), любую этажность, меридиональную и широтную ориентации, строиться на сложном и простом рельефе.

3.2 Купольные и круглые дома

Круглые дома своим появлением обязаны в первую очередь древности. Если верить археологическим исследованиям, все жилища то изначально строились без прямых углов. Но только со временем это правило для нас стало можно сказать исключением.



Рисунок 3.2.1 Древние круглые жилища

Одним из первых интерес к созданию сферических современных конструкций проявил в 40-х годах прошлого века американец Ричард Фуллер. Несмотря на то, что нестандартность домов в форме сферы вызвала отклик у его современников, строить жилые здания округлой формы тогда решались не многие. Чаще всего по его проектам возводились штаб-квартиры крупных компаний или выставочные павильоны. Создание именно жилой застройки купольного типа была ключевой задумкой архитектора. Но уже другие энтузиасты чуть позже воплощали ее в жизнь стали.

«Good Karma Domes», расположенная в Оклахоме один из популярных нынешних американских фирм, которая уже больше 40 лет строит купольные дома (рис.3.2.2). Предлагают они уникальные собственные проекты

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 65 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР

различной квадратуры из готовых блоков ПВХ или бруса, а также самостоятельную сборку с помощью руководства. «Domespace» - французская фирма с запатентованной системой вращающихся сферических домов и представительствами по всему миру, так же и в России.

Российское малоэтажное строительство до недавних пор уделяло мало внимания купольным зданиям. Были на то разные причины – от неудобного строительства необычных закругленных комплектующих до якобы низкого потребительского спроса. Но зарубежный опыт представительств вместе с личным стремлением к новизне россиян все-таки способствовал появлению купольных домов в нашей стране. Как таковых покупателей еще немного, но активный интерес уже прослеживается.

«Скайдом» это довольно молодая (существует с 2014 года) московская компания, которая является основным застройщиком на российском рынке и уже имеет шесть готовых планов купольных домов различной квадратуры и несколько реализованных проектов. Они не предлагают инструкций для самостоятельного возведения сферического жилья, также исключен нестандартный метраж здания. Однако, все работы по строительству осуществляют специалисты компании, дома сдают под ключ готовые, в любых регионах страны производят постройку.

Назвать причину, почему современного покупателя привлекли дома сферической формы не сложно. Дело обстоит и в качестве, и в форме, и немаловажной экологичности новых домов. Дом полусфера мощного фундамента под собой не предполагает, а это снижает стоимость строительства и ускоряет темп возведения здания. Проектировщики убеждают, что круглый дом значительно сокращает затраты на содержание и тепло. А отсутствие углов освобождает множество пространства, и это дает возможность размещать мебель в помещении свободно. Явным преимуществом купольного дома можно назвать их устойчивость к природным катаклизмам: к землетрясениям, к ураганам. Застройки сфера в

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 66 |

представляет возможность для развития этого вида жилищного строительства.

Основные виды полузаглубленных зданий в условиях падающего плоского рельефа приведены на рис. 3.4.1. Здание атриумного типа (рис. 3.4.1) полностью находится ниже уровня земли, имеет внутренний дворик, в большей степени защищен от ветров. Его недостатком является отсутствие вида из окон на местность, выходящих во внутренний двор. Чаще атриумная планировка используется в условиях теплого климата. Для постройки заглубленных домов наиболее благоприятен «Падающий рельеф» холмистой местности (рис. 3.4.1). В этих условиях возможно строительство одно- и двухэтажных зданий; при этом отсутствует основной недостаток полузаглубленных жилищ в условиях местности равнины: ограничение вида на местность, что является довольно существенным психологическим и эстетическим фактором.

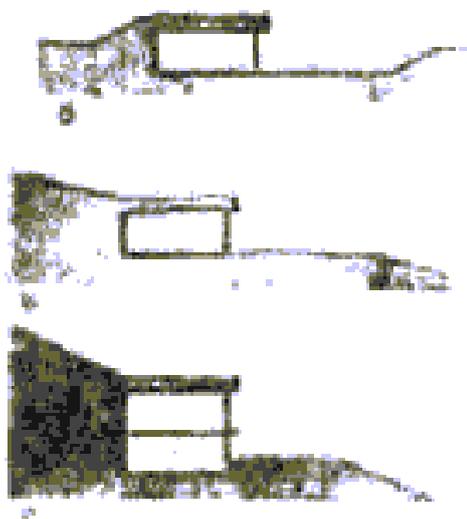


Рисунок 3.3.1 Основные варианты заглубленных жилых домов

Правильно выбранная ориентация здания по отношению к ветру и солнцу обеспечивает дополнительную значительную экономию энергии. Энергия радиации солнца используется для получения тепла в пассивной и активной формах. Большинство активных систем использования энергии

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 69 |

солнца имеют плоские коллекторы, которые устанавливаются непосредственно на здание или рядом с ним. Так системы не предъявляют жестких требований к ориентации здания. Прогрев помещения солнцем через окна называется пассивным использованием энергии солнца; большой эффект при этом достигается при южной ориентации окон. В северном полушарии наибольшие потери тепла зимой связаны с румбами северных ветров, так что ориентация оконных и дверных проемов полузаглубленного жилища на юг обеспечивает и наилучшую защищенность от ветра.

3.4 Ветро- и солнцезащитные устройства и формы зданий

Опираясь на исследования, проведенные архитектором Захаровой Т.В. разработана была программа «Солнечный дом» и создан архитектурный проект «Сол-1», где реализован концептуальный подход к задачам по формированию экологически чистой и комфортной среды обитания при максимальном использовании пассивных и активных систем энергосбережения, а грамотные планировочные и архитектурно-конструктивные решения создают эффект ресурсо- и энергосбережения и помогают сэкономить до 80% энергии по сравнению с традиционными решениями.

«Солнечный дом» – это комплексное оптимальное сочетание инженерных и архитектурно-планировочных решений для возведения комфортной среды обитания для современных людей. Этот дом предполагает максимальное вращение человека в окружающую среду, а не перекраивание природы под свои нужды, и установление гармонии между ними, потребление современных технологий и материалов, инженерных систем помогает отказаться от различных традиционных решений в строительстве. Абсолютно нет смысла из-за некачественной теплоизоляции дома сжигать дорогое и высококалорийное топливо в огромных количествах и отапливать за свой счет окружающее пространство, когда нужную энергию можно извлекать из моря или протекающей рядом реки, из земли и даже из Солнца и

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 70 |

ветра. Весь вопрос только в стоимости этого. И нужно, чтобы дом, созданный из экологически чистых материалов и потребляющий при эксплуатации самое современное инженерное оборудование, обошелся бы при строительстве и эксплуатации дешевле, чем здание традиционной конструкции.

Конструктивные и архитектурно-планировочные решения для каждого подобного здания индивидуальны. По мнению экспертов, в архитектуре и в строительстве в скором будущем наши здания должны будут стать более приспособленными к окружающей среде и энергоэффективными. При этом эстетические качества, комфорт и экономичность таких домов будут намного выше. Для охлаждения, отопления и освещения подобных зданий будут потреблять минимум ресурсов природы. Такие дома должны быть не только для экономии денег, но и предметом моды.

Опыт строительства и проектирования зданий с системами солнечного теплоснабжения в России не велик: проектирование индивидуальных домов с пассивными гелиосистемами, используя гравийные теплоаккумуляторы, стены тромба, а зимние сады и ряд таких элементов конструкций здания, как веранды, атриумы, теплицы служат средством для привлечения заказчиков. Такие элементы пассивного потребления энергии Солнца, как зимние сады и встроенные теплицы показали повышенную эффективность для энергосбережения. Так же, эти элементы повышают уют и комфорт дома и помогают суровой российской зимой любоваться окружением зелени. Значительную экономию топлива обеспечивают в центральных районах нашей страны правильно построенные теплицы.

Пассивные гелиосистемы могут быть эффективны как в многоэтажных, так и индивидуальных домах. Методы расчета таких систем зависят от местных климатических условий, от объема и формы здания, инсоляции и других факторов.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 71 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Активные системы солнечного тепло и холодоснабжения зданий дороже пассивных гелиосистем, но они и более эффективны, с их помощью возможно также приготовление горячей воды. Наряду с плоскими солнечными коллекторами в гелиозданиях могут применяться и концентрирующие системы. Это удорожает строительство и эксплуатацию зданий, но дает в ряде случаев большую эффективность. Выбор типа системы солнечного обеспечения и гелиотехнического оборудования в каждом конкретном случае индивидуален.

Одним из способов снижения затрат топлива является использование возобновляемых источников энергии особенно нетрадиционного типа, которые ранее либо совсем не использовались, либо использовались в очень ограниченных масштабах. Это энергия биомассы, солнечная энергия, приливная, гидротермальная и многие источники искусственного происхождения и низкопотенциального природного тепла.

Несмотря на то, что наша страна является одним из крупнейших поставщиков природного газа и нефти на мировой рынок и обладает большими запасами ископаемых топлив, от этого вопрос рационального использования энергетических ресурсов в России не теряет актуальности. Потенциальные запасы природного газа, нефти и угля у нас на самом деле велики, но рост добычи в будущем будет происходить в основном за счет открытия новых месторождений в труднодоступных и отдаленных районах. Для этого нужны большие затраты на добычу и топливную транспортировку, что вызовет его существенное удорожание.

При проектировании жилых образований использование гелиоэнергетики приводит не только к технологическим изменениям в их структуре. Появляются новые типы сооружений, и меняется характер застройки. Это в первую очередь сама гелиоустановка, огромные остекленные плоскости коллекторов, мощные объемы аккумуляторов,

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 72 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

отражатели и другие элементы, которые создают новый вид урбанизированной среды.

Первые солнечные дома по внешнему облику почти не отличались от обычных жилых зданий. Панели коллекторов либо размещались на скате кровли, либо имитировали большой витрину остекления. Но в процессе развития гелиоархитектуры основным элементом жилого дома стали коллекторные структуры, сразу ясно очерчивающие его типологическую принадлежность. В 1959 г. был построен первый из серии жилых домов архитектора Томасона, использующих водяные коллекторы открытого типа, запатентованные им как система «Солярис». Огромная плоскость коллекторов занимала здесь наклонную стену дома и весь южный скат (рис.3.4.1).

В 50-е годы в Европе построили первые солнечные здания. Архитектор Куртис построил себе дом в Рикмансуорте (Англия), коллектором в котором был витраж стены, расположенной с юга (рис.3.4.2). В Уоллеси в 1961 г. была построена пристройка к зданию школы Св. Георга, которая является, в Европе одним из лучших сооружений гелиоархитектуры. Массивная южная стена была здесь основным накопителем энергии здания, обшитая стеклами и работает по принципу «стены Тромба». Бетонные перекрытия и кирпичные стены служили аккумулятором с изоляцией. Только за счет солнечной энергии отапливалось здание. Добавочное тепло поступало от бытовых приборов, электрического света и находящихся внутри людей. За более чем 20 лет эксплуатации в условиях Англии в здании была температура помещений: 18-24⁰С, зимой 16-20⁰С.

В 1962 г по проекту профессора Ф. Тромба на основе разработанного им технологического решения во Франции были построены первые солнечные дома в Одейло в Пиренеях (рис.3.5.3). Удовлетворялось 65% энергетических потребностей здания благодаря солнцу. В 1968 г. архитектор Мишель построил группу солнечных домов там же в Одейло по этой же

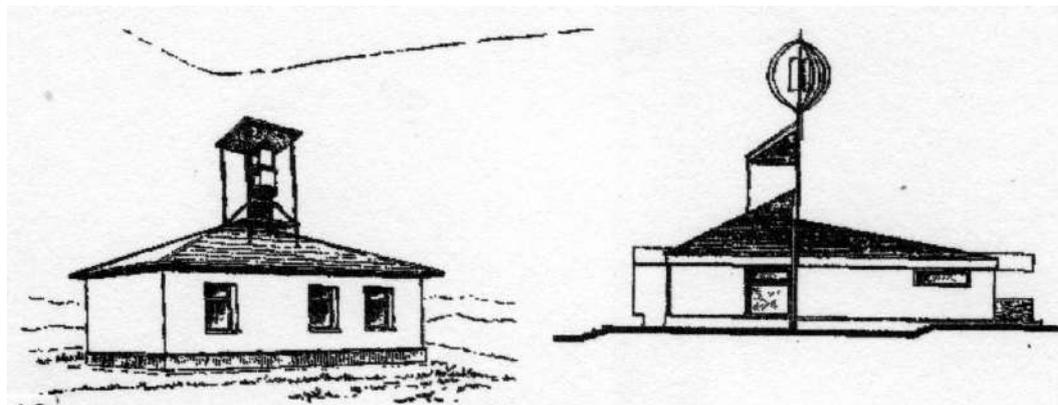
| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 73 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

системе и в 1972 г. – жилой дом пятикомнатный во Франции на Северо-Востоке (рис. 3.4.4).

Традиционно ветер учитывают в архитектурном, градостроительном и теплотехническом аспектах проектирования зданий. Скорость и распределение направлений ветра – роза ветров называются расчетными факторами. Учитывая ветер решаются следующие основные проблемы градостроительного проектирования: селитебных территорий и взаимное расположение промышленных зон, и с точки зрения уменьшения загрязненности воздушного бассейна промышленными выбросами в атмосферу, а также оптимизация аэродинамического режима микрорайонов городов и промышленных объектов. В теплотехническом и архитектурном проектировании ветер учитывается как фактор аэродинамического давления через ветровую расчетную нагрузку на конструкции, а также при разработке систем аэрации зданий и проведении расчетов вентиляции и воздухопроницаемости ограждающих конструкций. При этом кинетическая энергия ветра, преобразующаяся при взаимодействии с неподвижными конструкциями здания в фактор давления (положительного или отрицательного), а также порождающая инфильтрацию, в том числе холодного воздуха, в помещения и обусловленные этим повышенные теплопотери зданий в отопительном сезоне, естественно, рассматривается специалистами как негативный природно-климатический фактор.

Попытки использовать энергию ветра для оптимизации энергетического баланса зданий и экономии энергии других источников, предпринимавшиеся в различных странах, сошлись на размещении в окрестностях здания или на его конструкциях известных ветродвигателей одноцелевого назначения (рис. 3.4.5) и не имеют прямого отношения к архитектурно-строительному проектированию зданий.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|--------------------------|------|
| | | | | | | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | | 74 |



Риснок 3.4.5 Здания с размещенными на них ветроколесами

3.5 Зеленое строительство

Передовые страны уже имеют положительный опыт осуществления и внедрения мер по стимуляции экологического строительства. И в России этот опыт, с поправкой на национальное законодательство и практику, может быть использован с успехом. Международная практика показывает: наиболее эффективно зеленое строительство развивается при условии внедрения комплекса мер на различных уровнях регулирования строительного процесса – определение государственных целей в области достижения энергоэффективности, модернизация нормативно-правовой базы строительства, финансирование и внедрение добровольных экологических стандартов строительства.

В середине 1980-х впервые о необходимости изменения подходов к строительству сооружений и зданий задумались в Европе, когда в связи с крупным энергетическим кризисом предыдущего десятилетия рядом стран был взят курс на глобальное снижение потребления энергии, в первую очередь в строительном секторе. Внимание именно к этой сфере продиктовано тем, что города и, в частности, отдельные здания потребляют около половины энергоресурсов всего мира.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 75 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР

Так же, к концу XX столетия состояние окружающей среды начало вызывать серьезное опасение, и не в первую очередь из-за неконтролируемого роста городов, которые сопровождаются вредными выбросами и нарушением баланса в биосфере. Вместе с развитием инновационных технологий стремительно менялись и продолжают меняться стандарты качества жизни. На сегодняшний день требования населения к уровню организации городской среды стали намного выше.

В результате основные тенденции вылились в новую теорию организации человеческой жизнедеятельности, которая называется устойчивым развитием (sustainable development). В строительстве это привело к новому направлению, обеспечивающему новый, более качественный высокий уровень объектов строительства, который должен был обязательно сложиться из основных трех факторов. Их можно назвать тремя китами «зеленого» строительства: заметное снижение потребления ресурсов объектом, особые, повышенные требования к комфортности здания, а также отсутствие влияния здания на находящиеся в нем людей и окружающую среду.

Окончательно понятие «зеленого» здания оформилось уже в 90-е годы XX века, когда на повестке дня встал вопрос точной классификации таких объектов. И в первую очередь анализ сочетания в данном строении и количественного измерения характеристик. Это привело к созданию и внедрению добровольных специальных систем сертификации «зеленых» зданий, самыми популярными из которых до сегодняшнего дня являются британская BREEAM и американская система LEED, в мире их известно примерно два десятка.

В связи с этими системами сертификации создан ряд технических критериев, которые учитывают качественные и количественные характеристики энергоэффективности, комфортности и экологичности здания. При подтверждении сертификации объекту присваивается

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 76 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

определенное число баллов — чем выше «зеленые» характеристики, тем больше баллов и выше степень в итоге выдаваемого «зеленого» сертификата.

В настоящий момент не существует более совершенного способа выявления «зеленого» здания. При этом многие страны, убедившись в эффективности и удачности подобных систем сертификации, и постепенно переводят эти системы в разряд национальных обязательных строительных правил и норм.

Первые здания в России, получившие «зеленый» сертификат, уже есть, но их сожалению, только единицы. Это можно объяснить тем, что требования, которые заложены в «зеленых» международных стандартах, очень высоки и не учитывают конъюнктуры строительного российского рынка. Кроме того, в настоящее время в России имеется не более десятка проектировщиков, которые обладают нужной квалификацией для строительства зданий с учетом необходимости их дальнейшей сертификации.

Национальное объединение строителей совместно с ЦНИИПромзданий и НПО ТЕРМЭК в конце прошлого года объявили об окончании разработки российской «зеленой» системы сертификации. В настоящее время эта система находится в разработке и еще не нашла массового применения. Но несмотря на это объектов, которые, хотя и не имеют сертификата, но, по оценке экспертов, вполне могут претендовать на звание «зеленого» здания, в нашей стране уже довольно много. Далее приведу конкретные примеры «зеленых» и почти «зеленых» зданий в России и за рубежом.

Фабрика компании в Рудрапуре Delta Electronics (Индия)

Входит решение только «зеленых» корпоративных зданий в систему социальной ответственности Delta Electronics по. На 35 % меньше ресурсов расходует фабрика в Рудрапуре, чем предполагается в обычном здании.

Во время строительства использовались инновационные технологии проектирования, экологичные строительные материалы вторичного использования воды, естественного освещения и вентиляции. Озеленено и открыто 60 % территории фабрики.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 77 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Москве общегородской программы переработки отходов). Компания по эксплуатации организовала систему утилизации отходов, заключив договоры с частными подрядчиками по переработке всех необходимых для жизнедеятельности офисов пластика, металла, стекла, бумаги, электрических ламп, картона, аккумуляторных батарей и картриджей.

- Велосипедная парковка. Наличие специализированной стоянки для сотрудников, которые добираются до работы на велосипеде.
- Объемная автомобильная парковка. Проект имеет очень высокий показатель соотношения парковочных мест для центра Москвы и площади.
- Высокие визуальные характеристики вида из окон. Из окон открывается красивый вид в любом направлении, так как здание расположено на обширном участке.



Рисунок 3.5.4 Бизнес-центр Ducate Place III. Москва

3.6 Энергосберегающие планировочные решения

Явное влияние на тепловые удельные потери в общественных и жилых зданиях оказывают их объемно-планировочные решения и, в особенности, показатели такие, как: соотношение площади ограждающих конструкций и общей площади зданий; соотношение площади оконных проемов и площади

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 80 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

наружных стен; конфигурация зданий в плане, размещение их на рельефе и относительно сторон света.

Главные принципы проектирования энергоэффективного здания — это использование всех возможностей применения альтернативных источников энергии и сохранения тепла: энергетически-рациональная ориентация здания по сторонам света относительно расположения буферных зон и окон; объемно-планировочные решения: энергетически эффективная форма дома, обеспечивающая минимальную площадь наружных стен; наличие тамбуров на входах; оптимальная площадь остекления.

Мы знаем, что, когда компоновка пространственная здания в целом образована пространствами с одинаковыми объемами, разность температуры между помещениями снижается при приближении к центру объема здания. Между помещениями образуется температурный градиент, который располагается у наружных стен, и внутренними пространствами, не соприкасаясь с наружными ограждающими конструкциями. Известно, что полуоткрытая планировка с разностью функциональных пространств характеризуется маленькой амплитудой температурных перепадов. Концепция Ноулза об организации маленьких помещений вдоль ограждающих стен была использована в проектах зданий для проектирования в штате Миннесота. Холодные погодные условия Миннесоты и господствующие северные ветры в зимний период определяют основную чувствительность к воздействию низких температур северных фасадов зданий. Из-за этого размещение здесь небольших комнат, которые состоят из кладовых и подсобных помещений, играет роль "толстой" стены, которая защищает здание от холодных климатических условий (рис. 3.6.1).

В основном в новых проектах жилых домов используются двойные входы и воздушные завесы. Двойной вход снижает теплопотери благодаря теплопроводности и инфильтрации. Входной узел, образованный небольшим входным пространством с дверными проемами по обеим сторонам, работает

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 81 |

как переходная зона между теплым интерьером и холодным наружным пространством, как показано на рисунке.

Максимального получения тепла от излучения солнца является основной возможностью. Для этого используются такие средства, как проектирование основного фасада с юга и соответствующее расположение застекленных проемов. Конечно, как в пассивном, так и в энергосберегающем здании самые большие из них должны находиться с юга. В то же время нужно ограничить количество окон с северной стороны или даже полностью "закрыть" их. Оптимальное расположение помещений в обоих типах домов одинаково. Гостиная и столовая должны находиться с южной стороны. Но гараж, гардероб и хозяйственное помещение размещают с севера — чтобы они создавали буферную зону.

Под руководством профессора Файста были рассчитаны параметры пассивного дома изобретателями технологии "пассивный дом", которые контролируются и утверждены созданным ими в Дармштадте Институтом пассивного дома. Только объект, который соответствует данным параметрам, может иметь статус "пассивный дом. Потребление тепловой энергии на отопление, определенное с помощью специализированной программы, разработанного Институтом пассивного дома, не может быть выше 15 кВтч/(м² × год).

Рассмотрим пример того, как выглядит эскизный проект пассивного типового дома. Этот проект представлен как один из проектов, которые будут адаптировать для Российских условий и разработан Институтом пассивного дома (рис. 3.6.2).

Дом "Нордендорф" спроектирован для семьи из четырех-пяти человек по стандартам пассивного дома. Он состоит из основной части, являющейся собственно домом, и примыкающего к нему помещения, которые не отапливаются, гаража и кладовой. Бросается в глаза терраса на первом этаже, которая, соответственно, ориентирована на юго-восток. К террасе примыкают кухня, столовая с балконом, выходящая на юг и гостиная. С

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 82 |

температурно- влажностных параметров внешней среды, сохраняя материалы покрытий от скорого разрушения; • высокую тепловую инертность, выражающуюся в замедленной теплоотдаче (при отключении источника тепла температура внутреннего воздуха в заглубленном здании снижается на 1-2⁰ С в сутки. • повышенную маневренность градостроительства: заглубление позволяет, например, компактно располагать в условиях мелкомасштабной (в том числе исторической) застройки слишком крупные объекты, обеспечивая рекреационные дополнительные пространства не нарушая устоявшегося характера среды и. Наиболее ощутимыми недостатками полузаглубленных домов является некоторая усложненность решения проблем гидроизоляции и дренажа в условиях высоких грунтовых вод, а также вентиляции внутренних помещений и естественного освещения: с одной стороны, высокая герметичность наружных ограждений исключает приток неконтролируемого наружного воздуха, обеспечивая точную регулируемость параметров микроклимата помещений, а с другой, это означает неизбежность устройства механических систем вентиляции, которые ухудшают ионный состав воздуха и снижают содержание озона в помещениях. Но при этом, при строительстве полузаглубленных зданий (которые наиболее экономичны в условиях равнинных ландшафтов) для обваловки требуется резерв территории, поэтому одной из наиболее частых форм использования свойств грунта являются дерновые и грунтовые покрытия, устройство которых реально и во всех отношениях целесообразно как на реконструируемых, так и на вновь строящихся зданиях.

К примеру 2-этажный суперизолированный дом в холодном климате штата Миннесота(рис 3.7.1). Здание обращенным на юг широким фасадом, имеет трапециевидную в форму. Участок поднимается к северу поэтому остальные фасады находятся в земле. Элементами пассивного солнечного отопления служат витражи и оранжерея с тройным остеклением проемов южного фасада, кирпичные полы и массивные бетонные стены. С промежуточного уровня – вход в здание. Расположены нежилые помещения

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--------------------------|------|
| | | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 84 |

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

Развитие основ будущего проектирования энергоэффективных зданий закладываются уже в наши дни, но расцвета своего оно достигнет тогда, когда вопрос об исчерпании энергетических ресурсов будет стоять особенно остро. Применение гео- и гидротермальной энергии, энергии ветра, при проектировании зданий, наряду с применением энергии солнца, бесспорно, является перспективным направлением в современной архитектуре и строительстве.

Следовательно, поэтому необходимы творческие и научные изыскания в этой области, и стоит обратить внимание не только на архитектурно-технические решения (в этой области уже довольно много успешных наработок), но и на поиск выразительных градостроительных и конструктивно-композиционных решений.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 87 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ

Цель проектирования и строительства энергоэффективных зданий состоит в более эффективном использовании энергоресурсов, затрачиваемых на энергоснабжение здания, путем применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и социальной точек зрения и не изменяют привычного образа жизни.

1. Форма здания должна выбираться исходя из компактности здания, учитывая, что при одинаковом объеме дома коэффициенты компактности будут составлять: куб– 0,26, параллелепипед–0,17, полусфера–0,1.

2. Энергетические характеристики наружного климата включают в себя тепло наружного воздуха, тепло солнечной радиации, энергию ветра. Теплоэнергетическое влияние характеристик наружного климата на различно ориентированные части здания также различно. Необходимо ориентировать все оконные проёмы на южную сторону. Вспомогательные помещения расположить с севера, а жилые зоны – на юго-востоке. Коэффициенты инсоляции следующие С, СВ, СЗ, В – 0, Ю–0.8, ЮЗ– 0.6, ЮВ–0.9, З–0.24.

3. В северном полушарии наибольшие потери тепла зимой связаны с румбами северных ветров, так что ориентация оконных и дверных проемов полузаглубленного жилища на юг обеспечивает и наилучшую защищенность от ветра. Согласно результатам расчетов коэффициенты инфильтрации: СВ– 45,83, СЗ – 22,68, ЮЗ – 17,8, ЮВ–34,62.

4. Декоративные элементы на фасаде здания, которые придают более эстетичный вид с точки зрения архитектуры, предполагают добавочные теплопотери здания с точки зрения энергоэффективности. В этом можно убедиться благодаря результатам, проведенных исследований на примере гладкого фасада здания, без дополнительных элементов и фасадов из стеновой панели серии 1.090.1-1 с солнечными карнизами и декоративными

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 88 |

элементами: $S_1=10,2 \text{ м}^2$, $Q_1=131,4 \text{ Вт/ч}$ (рис. 2.5.1); $S_2=10,2 \text{ м}^2$, $Q_2=177,8 \text{ Вт/ч}$ (рис. 2.5.2); $S_3=14,88 \text{ м}^2$, $Q_3=191,7 \text{ Вт/ч}$ (рис. 2.5.3). Декоративные элементы рекомендуется выполнять из утепляющих материалов.

5. Выбирать остекление необходимо, учитывая результаты расчетов.

Чем больше площадь остекления, тем выше теплопотери: $F_1=0.33 \text{ м}^2 = Q_1 = 79.5 \text{ Вт}$, $F_2=0.61 \text{ м}^2 = Q_2 = 147.1 \text{ Вт}$, $F_3 = 1.4 \text{ м}^2 = Q_3 = 337.6 \text{ Вт}$.

Снижение затрат энергии на отопление здания достигается использованием тройного остекления: одинарное – $Q_1=1012.9 \text{ Вт}$, двойное – $Q_2=453.1 \text{ Вт}$, тройное – $Q_3=277,7 \text{ Вт}$. Либо с использованием теплозащитного остекления с коэффициентом теплопередачи приблизительно $1,4-1,6 \text{ Вт/ (м}^2 \cdot \text{°C)}$. Кроме этого, первый слой играет роль защитной оболочки, уменьшающей конвективный тепловой поток, направленный наружу.

6. При заглублении здания в грунтовый массив установлено, что существенное снижение тепловых потерь происходит при заглублении здания полностью. Согласно расчетам получились следующие результаты: $W_1= 9557,1 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$ (рис. 2.6.1), $W_2= 6515,1 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$ (рис. 2.6.2), $W_3= 5754,6 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$ (рис. 2.6.3). Рекомендуется заглублять северный фасад здания, так как наибольшие потери тепла зимой происходят из-за северных ветров.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 89 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | | | | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных теоретических исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. В результате выполнения работы теоретически обоснована и подтверждена экономическая целесообразность и техническая возможность создания энергоэффективных зданий. Наибольший эффект энергосбережения будет достигнут при комплексном рассмотрении конструктивных и объемно-планировочных решений, а также применении в строительстве нетрадиционных для российской практики инженерно-технических систем.

2. Для повышения энергоэффективности здания целесообразно применить следующие меры: - заменить окна обычные на энергоэффективные, - необходимо стремиться к тому, чтобы наименьшая поверхность фасадов была ориентирована на север; - учитывать коэффициент компактности при выборе объемно-планировочных решений; - использовать с низкой теплопроводностью материалы наружных ограждающих конструкций; - повысить герметичность здания.

3. При проектировании энергоэффективных домов, необходимо опираться на европейские стандарты в качестве нормативных документов. Потому что требования отечественных нормативных документов намного ниже, и не способствуют реализации проекта.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 90 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Директива Европейского парламента и Совета 2010/31/ЕС от 19 мая 2010 года об энергосбережении зданий
2. Энергоэффективная Германия вчера, сегодня, завтра. – www.unido-russia.ru.
3. Энергосбережение: немецкий опыт. – www.c-o-k.ru.
4. Практика мирового энергосбережения: технологии и инструменты. – www.energsovet.ru.
5. Датское энергетическое чудо. – <http://www.energsovet.ru/eg/eg>.
6. Анализ тенденций развития электроэнергетики в мире и России. – <http://www.ksr-rspp.ru/eic>.
7. Обзор прессы / Белоруссия / Электроэнергетика / 20 мая 2011. – www.polpred.com.
8. Смирнова, С. Н. Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий /2009 с.206, диссертация, к.т.н.
9. Подолян, Л.А. Энергоэффективность жилых зданий нового поколения/ М.: 2005 с. 147, диссертация.
10. Гагарин, В.Г. О недостаточной обоснованности повышенных требований к теплозащите наружных стен зданий / В.Г. Гагарин. – М.: Изд-во НИИСФ, 1998. – 103 с.
11. Ананьев, А.И. Состояние нормативной базы по проектированию долговечных энергоэкономичных зданий /А.И. Ананьев. –1998, – 258 с.
12. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Москва 1999
13. Ананьев, А.И. Научно-технические основы повышения теплозащитных качеств и долговечности наружных ограждающих конструкций зданий и/ А.И. Ананьев. – М.: изд-во НИИСФ, 1998. – 346с.
14. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Энциклопедия/ под ред. Яковлев. –М.: Стройиздат, 1994. –512с.
15. РМД 23-16-2012 Санкт-Петербург «Руководство по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий»
16. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика / В.Блази. – М.: Техносфера, 2004. – 480 с.
17. Табунщиков Ю. А., Энергоэффективные здания/Ю.А. Табунщиков. М. М.Бродач, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. –100 с.
18. Ehhort Н. Энергоэффективные здания. Анализ современного состояния и перспектив развития на основе реализованных проектов / Н. Ehhort, J. Reiss, R.Hellwig. М.: – изд-во АВОК, 2006. –203с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 91 |

- 19.Аверьянов, В.К. Энергоэффективный дом - Информационный бюллетень «Теплоэнергетические технологии»/ В.К. Аверьянов, Р.Ю.Зарецкий, Л.А. Подолян, А.И. Тютюнников. – М.: изд-во НИИСФ, 2002.
- 20.Распоряжение правительства №2446-р о государственной программе РФ "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г."
- 21.Еремкин А.И. Тепловой режим зданий./ А.И. Еремкина, Т.И. Королева.– М.: Изд-во АСВ, 2000. – 368 с.
- 22.Внутренние санитарно-технические устройства: Справочник проектировщика. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1992. –Кн.1. – 250 с.
- 23.СП 131.13330.2012. Строительная климатология / Госстрой России. — М.: ФГУП ЦПП, 2004
- 24.СП 54.13330.2011 Здания жилые и многоквартирные
- 25.Бадьин, Г. М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома/ Г.М. Бадьин. — СПб.: изд-во БХВ-Петербург, 2011. - 432 с.
- 26.Здания малоэтажные жилые. Общие требования обеспечения энергоэффективности. Стандарт научно-технического общества бумажной и деревообрабатывающей промышленности. — М., 1994.
- 27.Малявина, Е. Г. Теплотери здания. Справочное пособие/Е.Г. Малявина. — М.: изд-во АВОК-ПРЕСС, 2007. — 265 с.
- 28.Самойлов, В. С. Теплый дом/В.С. Самойлова. — М.: изд-во Аделант, 2006. —352 с.
- 29.СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий / Госстрой России. — М.: ФГУП ЦПП, 2004
- 30.СП 23-101 -2004. Проектирование тепловой защиты зданий / Госстрой России. — М.: ФГУП ЦПП, 2004

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 92 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

ПРИЛОЖЕНИЯ



Рисунок 1.3.1 Макет дома с нулевым потреблением энергии в штате
Оклахома



Рисунок 1.3.2 Дом «Гелиотроп»

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| | | | | | | 93 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

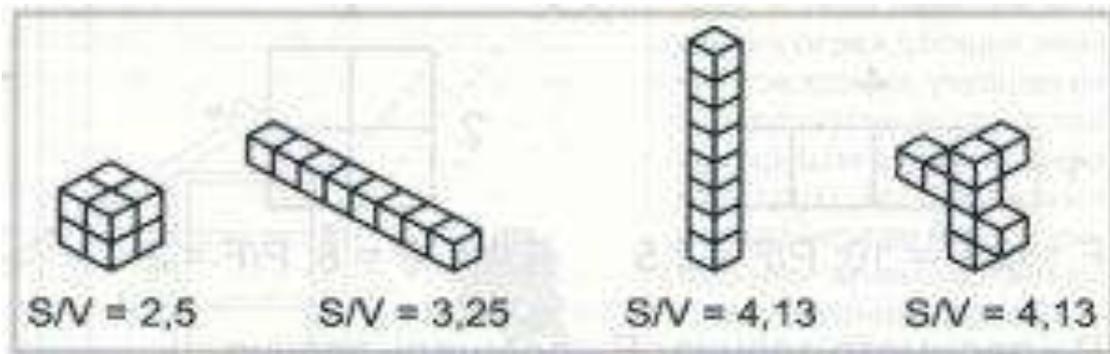


Рисунок 2.1.1 Сравнительное соотношение S / V

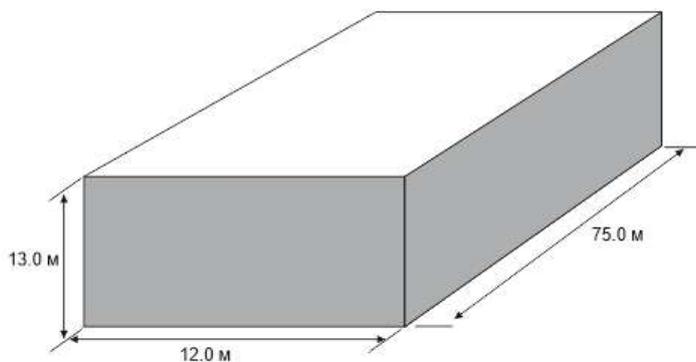


Рисунок 2.1.2 Тестовый дом прямоугольной формы

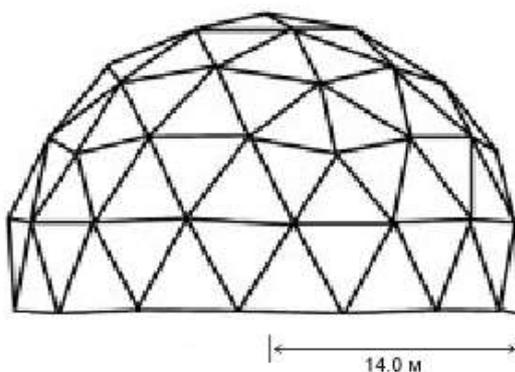


Рисунок 2.1.3 Тестовый дом в форме полусферы (геодезический купол)

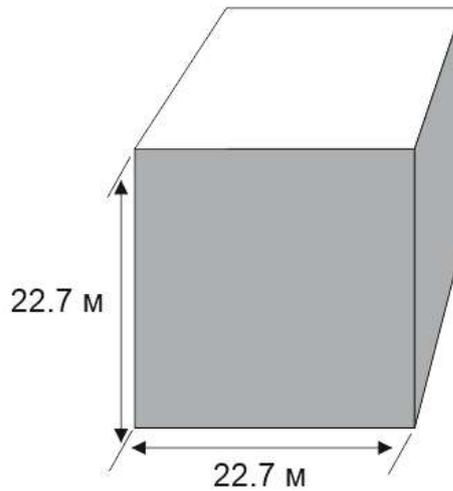


Рисунок 2.1.4 Тестовый дом в форме куба

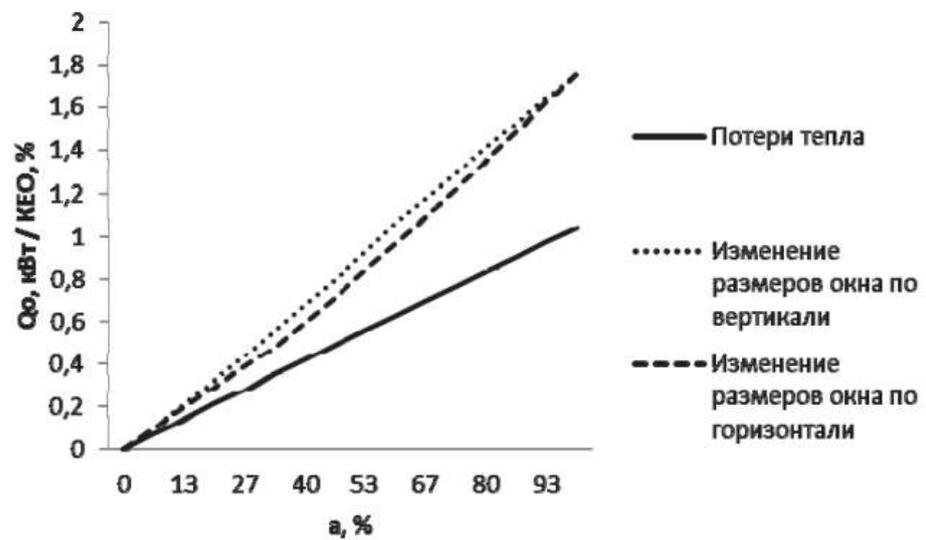


Рис 2.2.1 Влияние площади оконного проема на КЕО и потери тепла из помещения

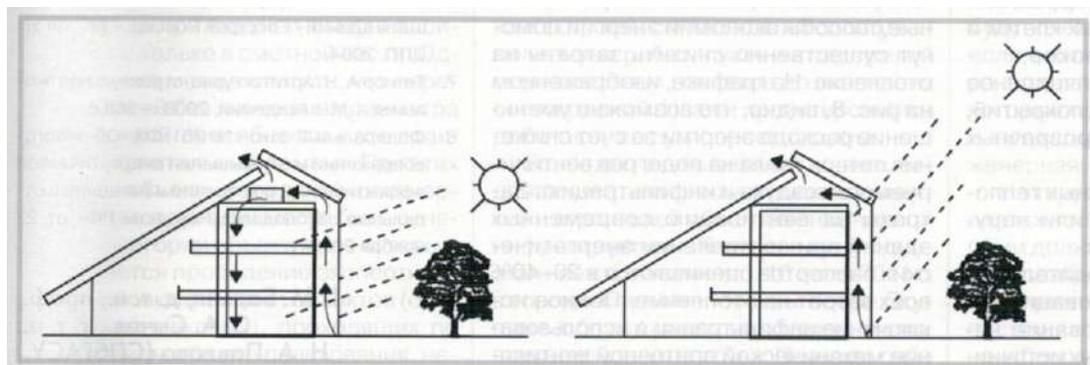


Рисунок 2.3.1 Пример здания с правильной ориентацией и с двойным фасадом

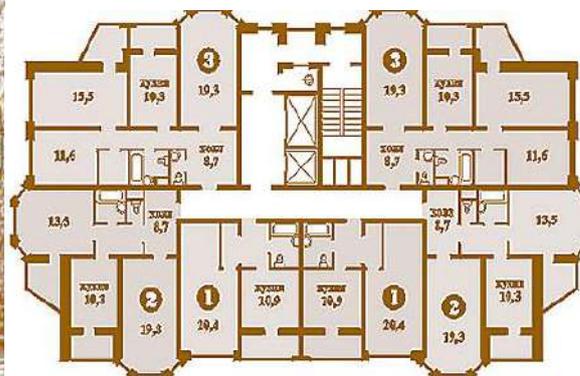
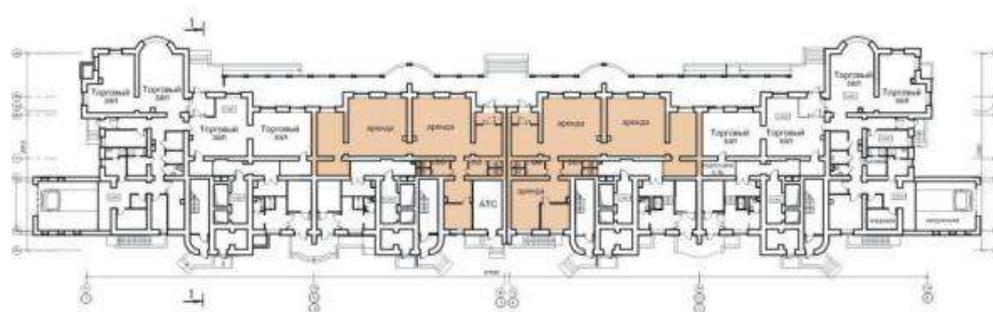


Рисунок 3.1.1 представлен общий вид и план типового этажа энергоэкономичного ширококорпусного дома на Донецкой ул. в Москве

План первого этажа



План типового этажа

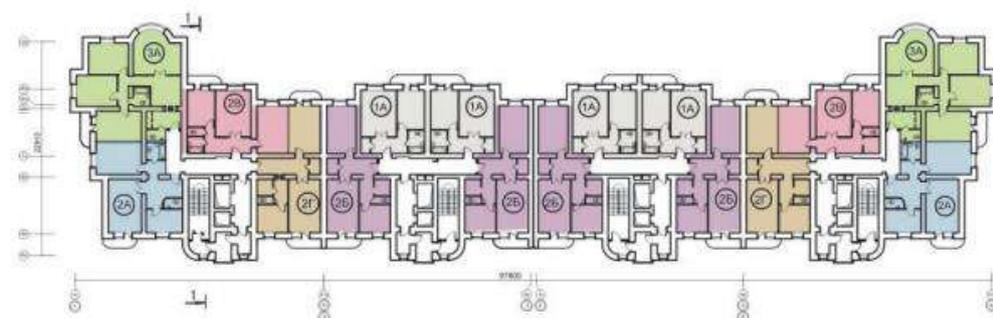


Рисунок 3.1.2 Типовой план ширококорпусного жилого дома.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР

Лист

96



Рисунок 3.2.2 Купольный дом в Оклохоме

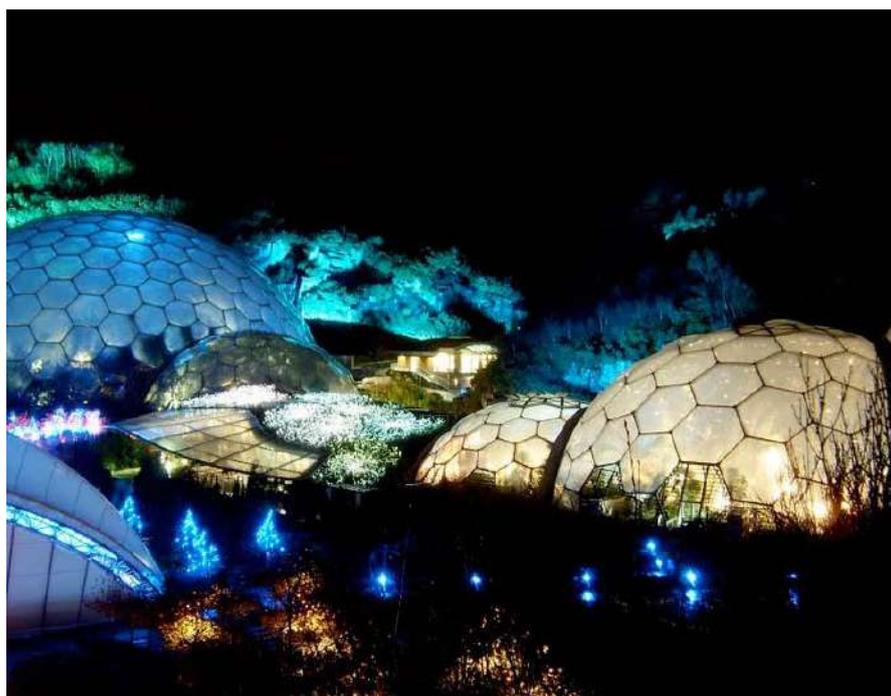
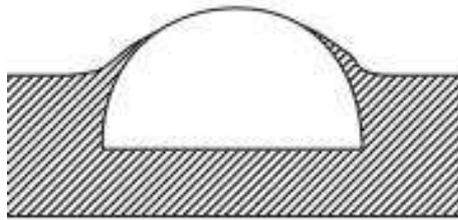
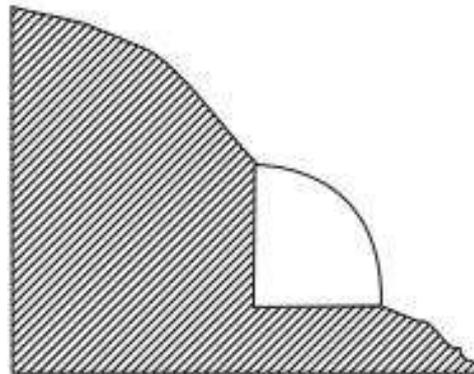


Рисунок 3.2.4 Проект Эден, самая большая оранжерея в мире

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 97 |



а) Замаскированное куполообразное здание на равнинной местности



б) Замаскированное куполообразное здание на холмистой местности

Рисунок 3.2.5 Примеры расположения купольных зданий на различной местности

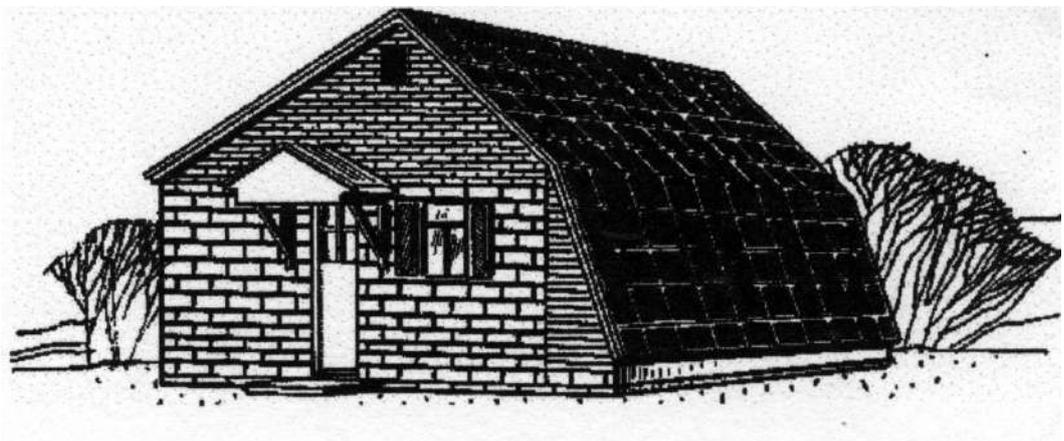


Рисунок 3.4.1 Жилой дом арх. Томасона

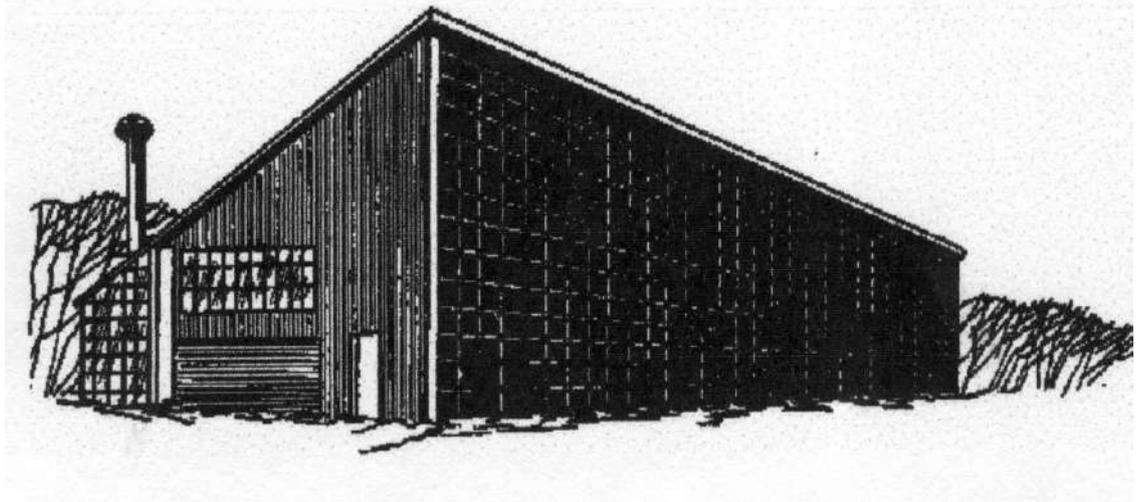


Рисунок 3.4.2 Жилой дом арх. Куртиса

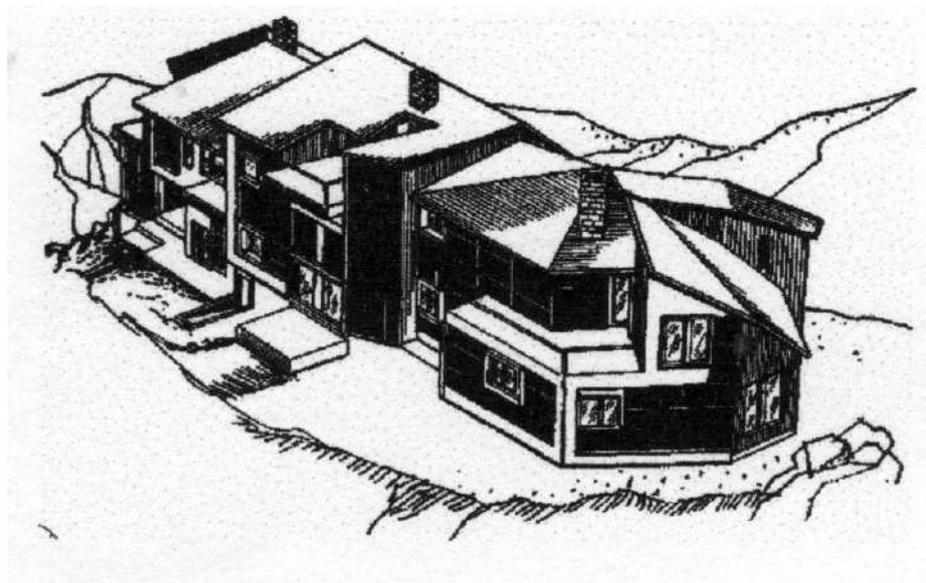


Рис. 3.4.3 Жилой дом в Одейло

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 99 |

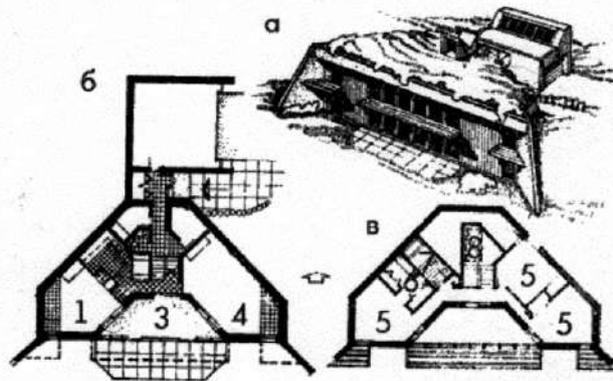


Рисунок 3.7.1 Заглубленный в склон суперизолированный дом:

а – общий вид; б – план 1-го этажа; в – план 2-го этажа;

1 – столовая; 2 – кухня; 3 – оранжерея; 4 – гостиная;

6 – спальня; 6 – гардеробная; 7 – подсобные помещения;

8 – фонарь верхнего света

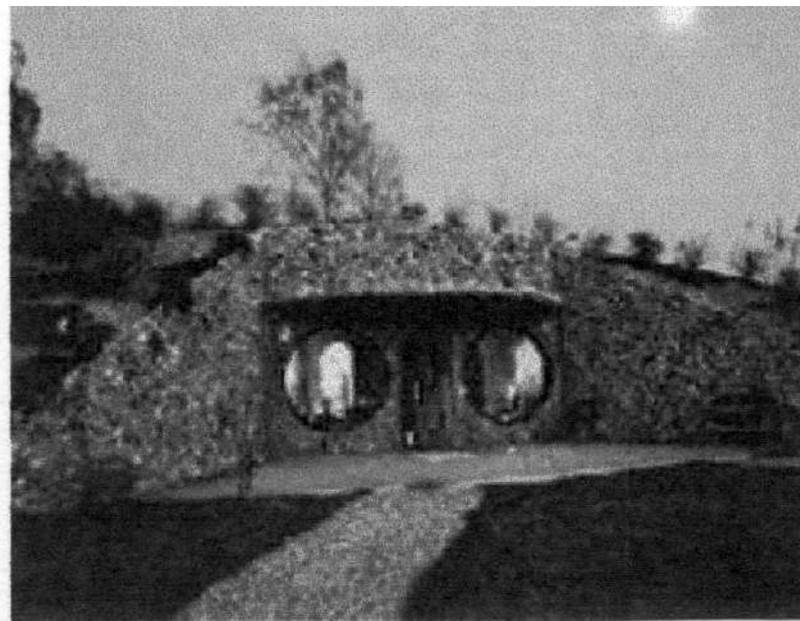


Рисунок 3.7.2 Заглубленный дом Davis Cave.

Общий вид

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 101 |



Рисунок 3.7.3 Интерьер



Рисунок 3.7.4 Главный фасад

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 102 |

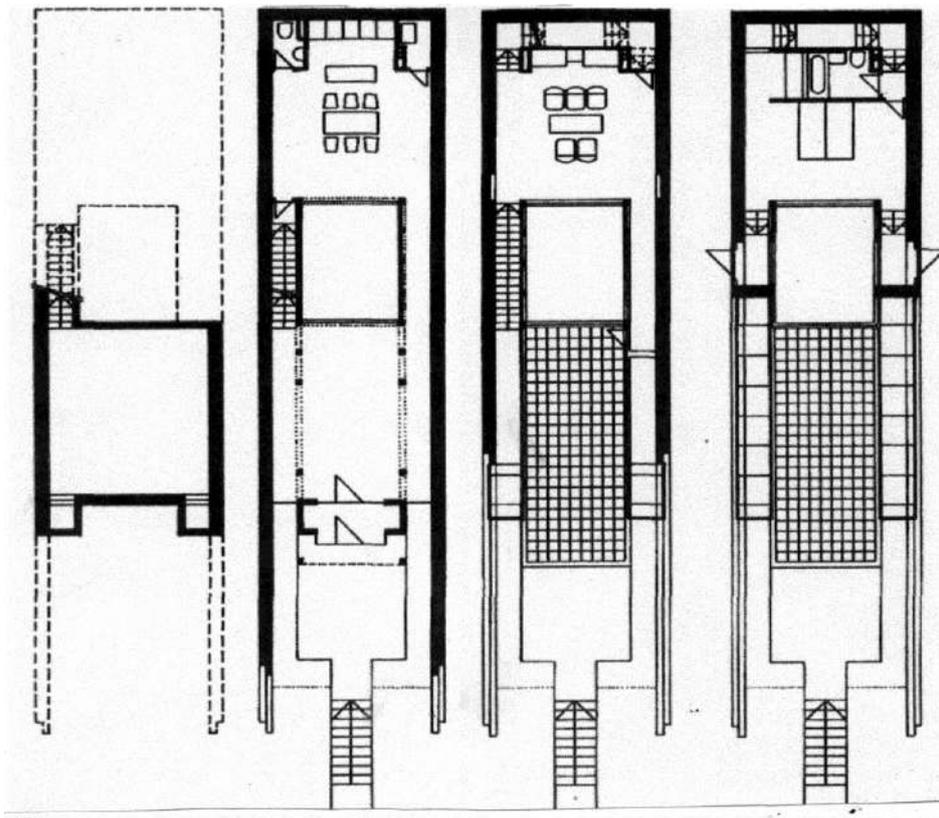
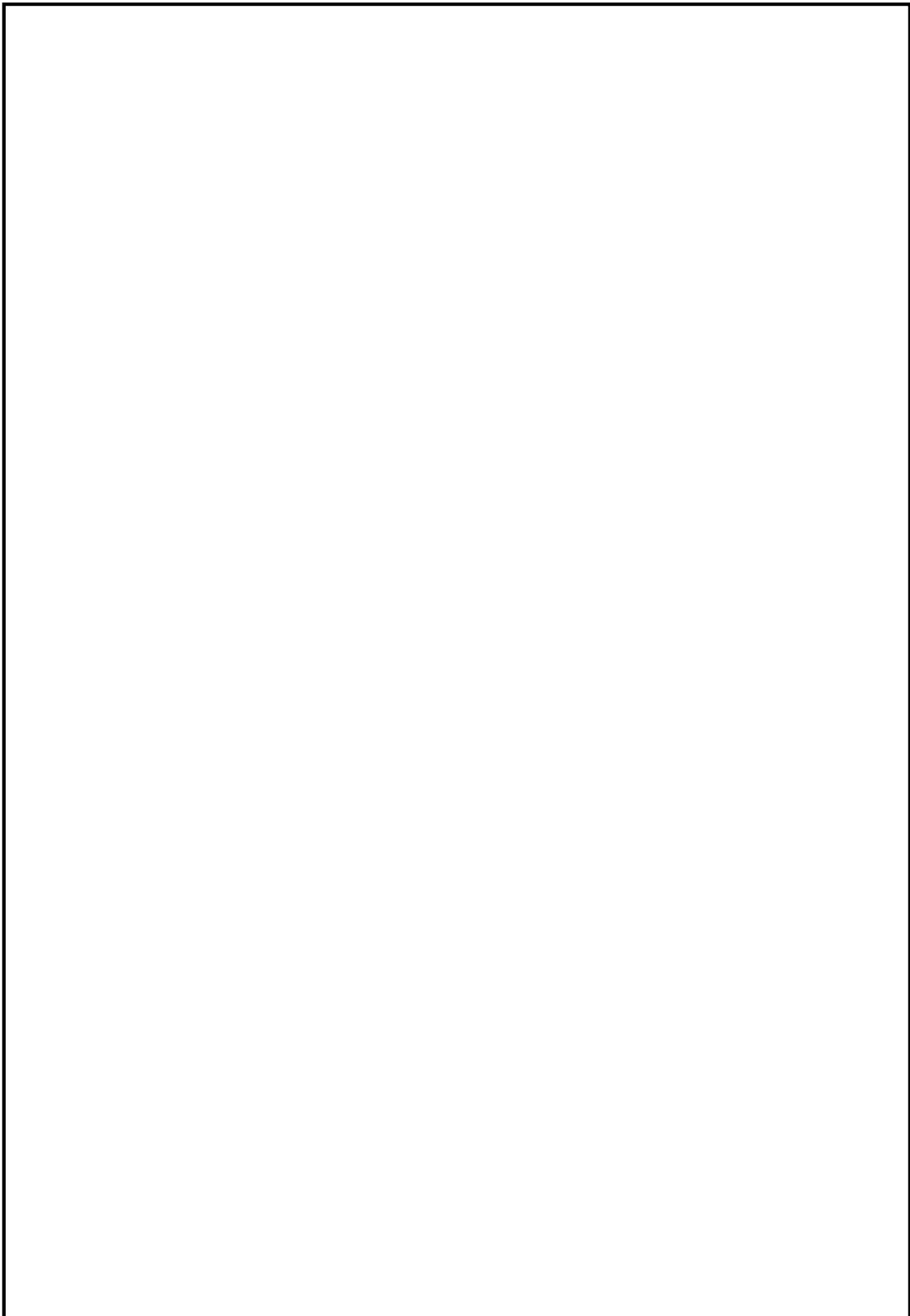


Рисунок 3.7.5 Планы этажей

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 103 |



| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | 08.04.01.2017.316.ПЗ.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 104 |