



ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Кызыл
2020

ФГБОУ ВО «ТУВИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

КЫЗЫЛ
2020

УДК 69.059.1:624.15
ББК 38.683-08
ТЗ8

Печатается по решению учебно-методического совета
Тувинского государственного университета

Техническая эксплуатация зданий и сооружений:
учебно-методическое пособие / Дадар А.Х., Сандан Р.Н., Куулар
Ч.Ш. – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2020. – 76 с.

Изложены основы теоретических и практических знаний по технической эксплуатации зданий и сооружений. Представлены необходимые сведения о моделях энергопотребления и вопросы, связанные с теплотехническими свойствами и геометрическими характеристиками материалов и отдельных конструкций здания, а также учебно-методические основы формирования курсовой работы по дисциплине «Техническая эксплуатация зданий и сооружений».

Предназначено для бакалавров направления подготовки «Строительство».

Рецензенты:

1. Саая С.С. – кандидат технических наук, доцент кафедры городского хозяйства Тувинского государственного университета.
2. Машпалдыр О.В. – заместитель директора департамента архитектуры, градостроительства и земельных отношений – главный архитектор города Кызыл.

© Тувинский государственный университет, 2020

Содержание

Введение в дисциплину	5
1.1 Общие положения	5
1.2 Физический и моральный износ зданий.....	6
1.3 Нормативные сроки службы конструкций и систем	7
1.4 Состав технической эксплуатации зданий.....	9
2 Эксплуатационные свойства зданий, нагрузки и воздействия	12
2.1 Эксплуатационные свойства зданий	12
2.2 Природно-климатические условия нагрузки и воздействия	13
3 Основания, фундаменты, подвалы и придомовые территории	17
3.1 Основания фундаментов.....	17
3.2 Фундаменты.....	17
3.3 Цоколи и подвалы	18
3.4 Придомовые территории	18
4 Стены зданий	21
4.1 Основные функции стен и элементов фасадов.....	21
4.2 Влияние увлажнения материалов конструкций	21
4.3 Негативные ситуации при переувлажнении	23
4.4 Техническое обслуживание стен зданий.....	25
Раздел 2. Об энергопотреблении.....	31
1 Общие положения по созданию модели энергопотребления	34
1.1 Исходные архитектурные модели	34
1.2 Формы модели энергопотребления	36
1.3 Создание модели энергопотребления на архитектурной модели.....	39
1.4 Ввод параметров для здания в целом	41
1.5 Оптимизация энергопотребления здания.....	48
2 Ввод тепловых свойств материалов и геометрических данных	50
2.1 Ввод тепловых свойств материалов	50
2.2 Задание разрешения аналитического пространства и поверхности	53

2.3	Специфические ситуации при создании модели энергопотребления	58
2.4	Общий качественный анализ поверхностей	61
3	Учебно-методические основы формирования курсовой работы.....	63
3.1	Схема построения курсовой работы в программе Revit Architecture	63
3.2	Ресурсное обеспечение выполнения курсовой работы ...	69
	Литература	74

Введение в дисциплину

1.1 Общие положения.

Каждое здание и сооружение имеет определенное назначение, в зависимости от которого при проектировании и строительстве учитывают принимаемые конструктивные схемы здания, его этажность, объемно- планировочные решения, использование тех или иных строительных материалов и т. д.

Эксплуатационная пригодность **зданий**, включающая их безотказность и долговечность, определяется на стадии проектирования соответствующих **конструктивных элементов** и **инженерных систем**. При проектировании также учитываются различные процессы, сопутствующие будущей эксплуатации здания, его техническое обслуживание и ремонты. Вместе с этим на методы эксплуатации зданий и выработку новых требований к их проектированию постоянно воздействуют: научно-технический прогресс, характер изменения окружающей среды, повышение жизненного уровня населения, совершенствование технологии производственных процессов.

В конечном итоге, проектные решения, качество возведения здания и его эксплуатационные свойства определяют потребительскую стоимость. Поэтому общая задача технической эксплуатации зданий определяется комплексом мероприятий, обеспечивающих комфортное и безотказное использование его помещений, элементов и систем для определенных целей в течение жизненного цикла здания.

В период технической эксплуатации здания могут иметь место различные недостатки, в частности, недостатки, допущенные при проектировании и строительстве здания. В этом случае дополнительной задачей эксплуатационных служб является устранение этих недостатков либо собственными силами, либо силами привлеченных подрядных организаций.

Комфортные параметры среды внутри помещений здания, обеспечивается за счет:

- четкой организации технологии всех эксплуатационных процессов,

- штатного функционирования инженерных систем и конструктивных элементов здания.

1.2 Физический и моральный износ зданий.

Возникновение физического и морального износа связано с объективными процессами, которые уменьшают первоначальную стоимость здания. При этом в любой промежуток времени действительная стоимость здания может быть определена разностью между первоначальной стоимостью и суммой затрат, связанных с износом и восстановлением конструктивных элементов и инженерных систем.

Под **физическим износом** понимают потерю зданием прочности, устойчивости, снижение тепло- и звукоизоляционных свойств, водо- и воздухопроницаемости и многих других факторов. Основными причинами физического износа являются воздействия природных и техногенных процессов, связанных с использованием здания.

Процент износа зданий определяют по фактическому состоянию конструкций, рассчитываемому как среднее арифметическое износа отдельных элементов здания: фундаментов, стен, перекрытий, крыши и кровли, полов, оконных и дверных устройств, отделочных работ, внутренних санитарно-технических и электротехнических устройств и прочих элементов (лестниц, балконов и др.), либо по срокам службы элементов здания. Для установления износа конструктивных элементов используют таблицы, приведенные в «Правилах оценки технического износа жилых зданий» (ВСН 53-86.). При расчете процента физического износа здания используется понятие **восстановительной стоимости здания, которая определяется стоимостью его воспроизводства в действующих ценах.**

Определение физического износа основано на инженерных обследованиях и предусматривает инструментально-визуальный контроль состояния элементов здания и определения степени потери ими эксплуатационных свойств.

В практике технической эксплуатации зданий принято считать, что аварийное состояние здания соответствует

физическому износу более 80 %, а износ от 60 до 80% и классифицируется как ветхое состояние здания.

Вместе с физическим износом здание стареет морально. **Моральный износ** определяет старение здания или его элементов по отношению к существующим на момент оценки объемно-планировочным, санитарно-гигиеническим, конструктивным и другим требованиям. Например, по существующим нормативам в 6-ти этажном жилом доме требуется устройство лифтов. Однако в зданиях такой этажности постройки начала XX века устройство лифтовых подъемников не было обязательным. Поэтому ввиду отсутствия лифта, данное здание будет считаться морально устаревшим.

1.3 Нормативные сроки службы конструкции и систем.

Для всех видов конструкций, инженерных систем здания устанавливаются нормативные сроки службы, под которым понимают **предельный срок эксплуатации конструкции или инженерной системы, установленный с учетом выполнения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту, предупреждающих их преждевременный износ.**

В целом срок службы здания определяется группой капитальности. В технически исправном состоянии здания поддерживаются периодическим проведением **текущих и капитальных ремонтов** (см. табл.).

Проведение текущих ремонтов ограничивает скорость физического износа. Капитальный ремонт применяется для устранения физического износа конструкций или инженерных систем. Для устранения морального износа предназначена реконструкция здания. Однако при капитальном ремонте частично ликвидируется и моральный износ зданий.

Оптимальный срок службы здания определяется надежностью функционирования здания, которая связана с тремя основными свойствами:

безотказностью, под которой понимают сохранение работоспособности без вынужденных перерывов в течение

заданного периода времени до появления первого или очередного отказа;

Капитальность, общий срок службы и периодичность ремонтов
жилых зданий

Таблица 1.

<i>Группа капитальности зданий</i>	<i>Срок службы зданий, годы</i>	<i>Вид ремонта</i>	<i>Периодичность ремонта, год</i>
I. Каменные особо капитальные фундаменты каменные и бетонные; стены каменные (при толщине 3 кирпича) и крупноблочные; перекрытия железобетонные	150	ТР	3
		ВКР	6
		ККР	30
II. Каменные обыкновенные фундаменты каменные, стены крупноблочные и крупнопанельные; перекрытия железобетонные или каменные своды по металлическим балкам	125	ТР	3
		ВКР	6
		ККР	30
III. Каменные и бетонные облегченные фундаменты; стены облегченной кладки из кирпича и шлакоблоков; перекрытия деревянные, железобетонные или сводчатые по металлическим балкам	100	ТР	3
		ВКР	6
		ККР	24
IV. Фундаменты ленточные бутовые; стены рубленые, брусчатые; перекрытия деревянные	50	ТР	3
		ВКР	6
		ККР	18

V. Фундаменты на деревянных ступлях или бутовых столбах; стены каркасные, сборно-щитовые и глинобитные, перекрытия деревянные	30	ТР	2
		ВКР	6
		ККР	-
VI. Каркасные, камышитовые и прочие облегченные здания	15	ТР	2
		ВКР	6

долговечностью, под которой понимают сохранение работоспособности до наступления предельного состояния (при этом допускаются перерывы для производства ремонтно-наладочных работ и устранения внезапно возникающих неисправностей);

ремонтпригодностью, которая определяется приспособленностью элементов здания к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и повреждений путем проведения технического обслуживания и выполнения плановых и неплановых ремонтов.

Отказом называется событие, заключающееся в потере работоспособности элемента или инженерной системы.

Пример 1. На основании статистических данных за отопительный период установлено, что из 500 отопительных радиаторов вышло из строя 10 радиаторов, то безотказность этой партии приборов за указанный промежуток времени составит $P = 490/500 = 0,98$.

Пример 2. Жилые дома второй группы капитальности имеют нормативный срок службы 125 лет. Но в этой группе зданий допускается устройство дощатых полов со сроком службы 40 лет. Следовательно, за полный срок службы этого типа домов потребуются замена полов — не менее двух раз.

1.4 Состав технической эксплуатации зданий.

Нормативный срок службы определен с учетом соблюдения требований системы технического обслуживания и ремонта элементов здания. Если их не выполнять, то элемент (конструкция) выйдет из строя преждевременно. Невыполнение

незначительных по объему работ иногда может явиться причиной выхода из строя полностью какой-либо конструкции.

***Пример 3.** Нормативный срок службы стальных кровель 20 лет. Этот срок может быть обеспечен только при периодической масляной окраске покрытия, которая осуществляется один раз в 3...5 лет. Нарушение этого требования приводит к интенсивной коррозии металла и преждевременному выходу кровельного покрытия из строя.*

Таким образом, техническое обслуживание конструкций и инженерных систем предусматривает проведение необходимых мероприятий по созданию проектных условий эксплуатации элементов здания.

Вопросы для обсуждения на практических занятиях:

1. Состав технической эксплуатации зданий.
2. Обсуждение примеров, определяющий случайный характер нарушения условий нормального характера технического обслуживания зданий.
3. Определение физического и морального износа на примере многоэтажного здания.
4. Определение долговечности отдельных конструктивных элементов (крыши, пола).

Ситуационные задания

Задание 1.1. (рис. 2.)

1. Определить конструктивные решения объекта.
2. На основании каких регламентирующих документов определяют физический износ данного объекта.
3. По вашему мнению, к какой группе капитальности относится объект.



Рис. 2 Объект, подлежащий к обследованию.

Задание 1.2.

Изучив левую часть таблицы, заполните правую часть.
По какому ВСН-?

Таблица 1.1.

Конструкция и сети	Продолжительность эксплуатации до капитального ремонта (замены), лет
Фундаменты ленточные бутобетонные	
Стены деревянные рубленые и брусчатые	
Перекрытие деревянные чердачные	
Полы дощатые по грунту	
Крыша деревянная	
Кровля из асбестоцементных листов	
Двери и окна деревянные	
Отделка из штукатурки по деревянным стенам	

Тестовые вопросы

1. Что понимается под моральным износом:

1. Несоответствие зданий функциональному и технологическому назначению
2. Снижение несущей способности конструкций
3. Замачивание оснований
4. Разрушение конструкций.

2. Какой элемент жилого здания не изменяется при реконструкции:

1. Наружная стена
2. Внутренние перегородки
3. Инженерные сети
4. Полы

3. Какой вид работ относится к комплексному капитальному ремонту:

1. Устранение физического и морального износа
2. Текущий ремонт
3. Профилактический осмотр
4. Аварийный ремонт

4. Вид работ отличающие реконструкцию от нового строительства:

1. Усиление конструкций.
2. Земляные работы.
3. Монтажные работы.
4. Отделочные работы.

5. Какой из нижеисследующих факторов зданий относится к моральному износу:

1. Несоответствие технологическому назначению
2. Несоответствия размеров конструкций
3. Несоответствия условиям эксплуатации
4. Атмосферные осадки.

Тема 2. Эксплуатационные свойства зданий, нагрузки и воздействия

2.1 Эксплуатационные свойства зданий.

В техническом отношении все свойства здания, его конструктивных элементов и систем должны отвечать современным нормативным требованиям, главные из которых

изложены в техническом регламенте по безопасности зданий. В частности, механическая безопасность здания обеспечивается прочностью и устойчивостью его несущих и самонесущих конструкций, надежностью их совместной работы, обеспечивающей пространственную жесткость, а также несущей способностью основания. К основным эксплуатационным свойствам зданий относятся следующие физико-технические характеристики:

- Прочность определяет способность противостоять нагрузкам.

- Устойчивость и жесткость определяются способностью пространственного сохранения.

- Огнестойкость, время сохранения механических характеристик при огневом воздействии.

- Теплотехнические свойства (теплоемкость, теплопроводность, и др.).

- Герметичность (газо-, воздухо- и паронепроницаемость).

- Внутренняя воздушная среда (температура, влажность, состав).

- Освещенность.

- Акустические характеристики (поглощение, отражение, проводимость).

- Сейсмостойкость, вибростойкость и др.

Для обеспечения нормативных требований к свойствам зданий учитывают нагрузки, воздействия и условия эксплуатации зданий, которые определяются **либо справочными данными, либо нормативными данными, либо расчетными данными, либо материалами инженерных изысканий.**

2.2 *Природно-климатические условия нагрузки и воздействия.*

Для создания заданных эксплуатационных свойств необходим правильный учет природно-климатических условий, которые отражаются в соответствующих строительных нормативах. Параметры наружного климата определяются географическим положением здания. К основным климатологическим параметрам относятся:

Годовое распределение температуры наружного воздуха, которое, в частности, определяет топливную обеспеченность работы системы отопления здания.

Годовое распределение влажности наружного воздуха определяет работу систем вентиляции и кондиционирования воздуха помещений здания.

Годовое распределение ветрового воздействия определяет инфильтрацию ограждающих конструкций и аэродинамическую нагрузку на здание.

Осадки в виде дождя и снега определяют работу дренажных и канализационных систем.

Инсоляция здания, особенно в летний период, определяет максимальную нагрузку на работу системы кондиционирования воздуха.

Параметры внутреннего климата здания (температура, влажность, воздухообмен и чистота воздуха) определяются санитарно-эпидемиологическими требованиями к помещениям здания.

Нагрузки и воздействия включают:

- нагрузки от оборудования;
- нагрузки от людей и животных;
- нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования (погрузчиков, электрокаров, кранов-штабелеров, тельферов, а также от мостовых и подвесных кранов с полным нормативным значением);
 - снеговые нагрузки;
 - ветровые нагрузки;
 - сейсмические воздействия;
 - взрывные воздействия;
 - нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования;
 - воздействия, обусловленные деформациями основания, сопровождающимися коренным изменением структуры грунта или оседанием его в районах горных выработок и т.д.

Вопросы для обсуждения на практических занятиях

1. Прочность, жесткость и устойчивость здания – безопасная эксплуатация.
2. О защитном слое бетона. Виды. Технологии.
3. Особенности природно-климатических условий нагрузки и воздействия республики Тувы.
4. Основные причины, при которых не допускается изменение планировки и переоборудования помещений.

Ситуационные задания

Задание 2.1.

Заполните таблицу 2.1. сводных климатических характеристик города Кызыла, используя приведенные источники:

Таблица 2.1.

Наименования характеристик	Значение	Размерность	Источник данных
Географическая широта			Карта РФ
Нормируемые термосопротивления Наружных стен Перекрытий и покрытий Окон и дверей			СП 23-101-2004
Отопительный сезон			СНиП 23-01-99
Расчетн. период 15 сент. по 30 апр.			СНиП 23-01-99
Ср. наруж. т-ра воздуха			СНиП 23-01-99
Ср. наруж. т-ра грунта			СНиП 23-01-99
Внутр. т-ра помещений			СанПиН 2.2.3.1384-03
Кратность воздухообмена			СанПиН 2.2.3.1384-03
Количество осадков			СНиП 23-01-99

Задание 2.2.

Задание 2.3.

Заполните таблицу 2.2. Какие *нагрузки и воздействия* влияют на конструктивные элементы:

Таблица 2.2.

Наименования конструктивных элементов	Вид нагрузки
Фундаменты	
Наружные стены	
Перекрытие	
Покрытие	
Перегородки	
Крыша	

Тестовые вопросы

1. Какой вид работ относится к текущему ремонту:

1. Устранение мелких повреждений и неисправностей
2. Замена отдельных частей конструкции
3. Замена инженерного оборудования
4. Устранение морального износа

2. Что понимается под физическим износом:

1. Потеря технических свойств конструкций
2. Несоответствие здания функциональному назначению
3. Несоответствие планировки квартир современным требованиям
4. Недостаточное благоустройство территорий

3. Несвоевременный и низкого качества ремонт создает условия для ...

1. преждевременного износа конструкций.
2. Преждевременного морального износа конструкций
3. Снижения стоимости капитального ремонта
4. Снижения стоимости текущего ремонта

4. Несвоевременные и низкого качества наладочные работы в здании могут ...

1. увеличить потребность в плановых текущих работах.
2. уменьшить потребность в плановых текущих работах.

5. Основным условием для назначения здания на плановый ремонт является.

1. Наличие неисправностей
2. Не наличие неисправностей, а сроки службы элементов.
3. По требованию управляющей компании
4. По требованию жильцов.

5. Дискуссионный вопрос: С учетом природно-климатических особенностей Тувы, какие требования должны быть к строящимся зданиям.

Тема 3. Основания, фундаменты, подвальные помещения и придомовые территории

3.1 Основания фундаментов. Основанием фундамента здания называется пространство грунта, расположенного под фундаментом и воспринимающего через него нагрузку от здания. Под действием нагрузки от здания грунты оснований деформируются, и такая деформация называется *осадкой*. *Равномерная* и незначительная осадка здания не нарушает его прочности и устойчивости. *Неравномерные* же осадки грунтов оснований могут привести к значительным деформациям зданий. Таким образом, **прочность и устойчивость здания в значительной степени зависят от несущей способности оснований фундаментов.**

Структура грунтов может нарушиться вследствие метеорологических воздействий, воздействий грунтовых вод и газа, а также динамических воздействий. К **метеорологическим воздействиям** относятся промерзание и оттаивание, набухание и размягчение, высыхание грунтов. Очевидно, что все перечисленные явления могут происходить при **нарушении проектных условий в процессе эксплуатации.**

Также к деформациям приводят **неравномерная загрузка** частей здания, сооружение зданий в непосредственной близости от существующего здания, а также не выполнение требований по исключению замачивания грунтов.

3.2 Фундаменты. Фундаменты относятся к основным конструктивным элементам зданий, воспринимающим нагрузки от надземных частей и передающим их основанию. Для прочности и устойчивости здания необходимо, чтобы в процессе эксплуатации фундаменты удовлетворяли следующим требованиям:

- необходимо загружать фундаменты усилиями, передающими на основание только вертикальные нагрузки;

- нагрузка на единицу площади основания, передаваемая фундаментом, была бы одинаковая для однородных грунтов;
- необходимо исключить влияние факторов, нарушающих жесткость и массивность фундаментов;
- необходимо следить за тем, чтобы не было промерзаний оснований фундаментов.

Эксплуатационные свойства фундаментов в значительной мере определяются их разновидностью, наиболее применимыми являются ленточные, плитные и свайные фундаменты.

3.3 Цоколи и подвалы. Цоколи зданий с облицовками находятся в особо неблагоприятных условиях, поэтому кладку цоколя выполняют на цементном растворе не ниже марки 50, а с внутренней стороны поверхность кладки изолируют от воздействия влаги.

В подвальных помещениях необходимо поддерживать заданный температурно-влажностный режим. Продухи в цокольной части здания на весенне-летний период следует открывать полностью для проветривания подвальных помещений. При появлении в стенах трещин из-за осадки грунта надо поставить маяки, установить систематическое наблюдение за их состоянием с регистрацией в специальных журналах результатов наблюдений и вызвать специализированную организацию для инженерных исследований причин деформаций.

3.4 Придомовые территории. Техническая эксплуатация фундаментов и оснований предусматривает также меры по содержанию придомовых территорий. Территория двора должна иметь уклон от здания не менее 0,01 по направлению к водоотводным лоткам или приемным колодцам ливневой канализации.

Фундаменты и стены подвалов, находящиеся рядом с неисправными трубопроводами системы водоснабжения, канализации и теплоснабжения в местах их пересечения со строительными конструкциями, должны быть защищены от увлажнения.

Необходимо следить за исправным состоянием приямков, стенки которых должны быть на один-два ряда кирпичной кладки выше уровня тротуара или отмостки. Образовавшиеся трещины и щели в местах примыкания элементов приямков к стенам подвала заделывают битумом или асфальтом. Имеющуюся вокруг здания дренажную систему регулярно промывают водой. Фильтрующую способность восстанавливают проведением планово-предупредительных текущих и капитальных ремонтов.

При наступлении оттепелей надо регулярно убирать снег от стен здания на всю ширину отмостки или тротуара и принимать меры к ускорению таяния снега путем его рыхления, разбрасывания и скалывания льда. Водосточные лотки и приемные люки для стока талой воды следует периодически очищать.

Опасность для фундаментов и оснований представляют растения, прорастающие на отмостках вблизи Фундаментов, поэтому деревья и кустарники надо сажать на расстоянии не ближе 5 м от стен здания. Случайную поросль необходимо немедленно удалять.

Вопросы для обсуждения на практических занятиях

1. Какие сооружения могут находиться на территории домовладений.
2. Как называется вынос частиц из основания фундамента.
3. Для чего открываются продухи в цокольной части фундамента.
4. Какая конструкция устраивается с целью отвода дождевых вод от фундаментов.
5. Перечислите методы усиления оснований фундаментов.

Ситуационные задания

Задание 3.1.

На рис 3.1. определите вид фундамента, выясните, все ли требования выполнены при эксплуатации.



Рис.3.1. Вид на фундамент

Тестовые вопросы

1. Какой вид работ чаще всего приходится производить при усилении фундаментов.

1. Увеличение площади фундаментов
2. Замены фундаментов
3. Профилактический ремонт
4. Конструктивное изменение

2. Наиболее эффективная заделка разрушенных швов в сборных фундаментах при реконструкции:

1. Синтетическими смолами
2. Цементный раствор
3. Цементно-песчаный раствор
4. Известковый

3. Причины, вызывающие необходимость усиления оснований.

1. Уменьшение несущей способности грунтов
2. Земляные работы
3. Планировка грунта
4. Скальные и трещиноватые грунты
5. Песчаные и пылеватые грунты

4. Для каких грунтов наиболее эффективен термический способ закрепления грунтов при усилении оснований:

1. Глинистых
2. Песчаных
3. Скальных
4. Строительного мусора

5. Основной способ искусственного закрепления грунтов при цементации, битумизации грунтов:

1. Инъектирование
2. Уплотнение
3. Штампование
4. Распыление

Дискуссионный вопрос: Как усилить фундаменты жилых домов на восточной части города Кызыл (напр. По ул. Луговая).

4. Стены зданий.

4.1 Основные функции стен и элементов фасадов. В зависимости от конструктивной схемы здания стены выполняют три основные функции. Первая функция связана с эстетикой архитектурной композиции здания. Другие две функции заключаются в защите помещений здания от влияния климатических факторов, а также в передаче постоянных и временных нагрузок на фундаменты. Общей задачей технической эксплуатации стен зданий является **сохранение их несущей способности и защитно-ограждающих свойств стен и элементов фасадов** на протяжении всего срока службы. Потеря несущей способности может происходить в результате изменения физико-механических характеристик материала стен при воздействии на них факторов окружающей среды или при увеличении нагрузок выше допустимых нагрузок, определенных проектом. Со стенами непосредственно связаны архитектурно-конструктивные детали фасадов стен, которые должны иметь надежное крепление, обеспечивающее их длительную статическую и динамическую устойчивость к воздействию механических, климатических, технологических и других факторов.

4.2 Влияние увлажнения материалов конструкций. Проникание влаги в материал стены и ее перемещение происходят в результате различных физико-химических процессов, из которых основными являются сорбция, смачивание или капиллярное всасывание, а также диффузия пара и газов.

Процесс **сорбции** связан с поглощением влаги из воздуха в случае, когда воздух имеет более высокую **относительную**

влажность. Строительные материалы по сорбционной способности подразделяются на активно-сорбирующие влагу (пенобетон, газобетон, фибролит, известь, гипс, шлакобетон и др.) и инертно-сорбирующие влагу (бетон, керамический кирпич, силикатный кирпич, гранит, известняк и др.). Установлено, что с понижением температуры сорбционная способность активно-сорбирующих материалов возрастает. Стены из инертно-сорбирующих материалов незначительно влияют на влажностный режим помещений, но при длительном избыточном выделении пара в помещении в поверхностном слое материала со стороны помещений может возникнуть сырость за счет конденсации пара.

Поглощение влаги **смачиванием** материала осуществляется при соприкосновении его с жидкостью посредством **капиллярного всасывания** и **капиллярной диффузии**, определяющими способность влаги перемещаться по материалу стены по микроскопическим открытым каналам. Внутренние слои стен, как правило, выполняют из гидрофильных, то есть из хорошо смачивающихся материалов, в которых при смачивании происходит активное всасывание влаги. Наружный слой стены устраивают из гидрофобных материалов, которые обладают водоотталкивающими свойствами. Наибольшей скоростью всасывания обладают гипс и пеносиликат. Высокая скорость всасывания у красного кирпича; вдвое меньшая скорость всасывания влаги у силикатного кирпича.

Поглощение влаги за счет **паропроницания** обычно связано с прониканием пара в материал стен из внутреннего воздуха помещений за счет хозяйственно-бытовых процессов. Например, человек в спокойном состоянии выделяет за 1 час 45 г влаги, а при тяжелой физической работе в 4...5 раз больше. При приготовлении пищи на одного человека выделяется около 620 г влаги в сутки. При открытой стирке белья испаряется свыше 3 кг влаги. С 20 м² вымытого пола испаряется до 3,5 кг влаги. Много влаги в виде паров выделяется при сгорании газов в газовых приборах.

Перемещение влаги в виде пара и увлажнение материала происходит вследствие **диффузии**, а также из-за **инfiltrации** воздуха. Оба вида перемещения влаги называются

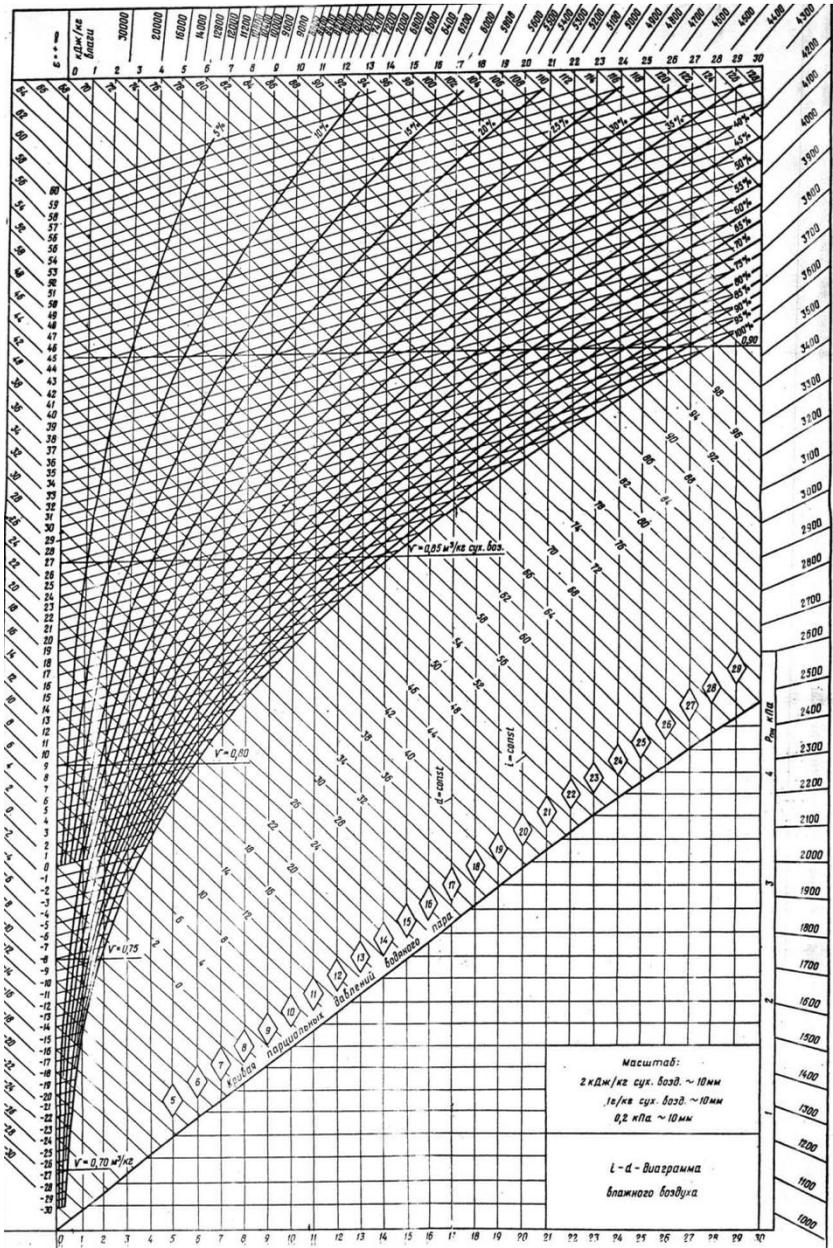
паропроницаем. Диффузная паропроницаемость связана с градиентом концентраций водяного пара. Инфильтрационная паропроницаемость происходит при механическом перемещении водяных паров воздухом из области высоких барометрических давлений в область меньших давлений, т. е. при наличии воздушного напора, который может быть создан также разностью температур (тепловое давление) или ветром (ветровое давление).

Если внутренняя температура стены будет ниже точки росы, то это приведет к конденсации влаги на внутренней поверхности стены. Данное состояние может быть вызвано нагромождением у наружных стен мебели и завешивания стен коврами, что препятствует более интенсивному теплообмену стен с воздухом внутри помещения и вызывает чрезмерное охлаждение указанных поверхностей.

Также причинами переувлажнения стен могут быть неисправности кровельных покрытий карнизов и выступающих частей зданий; недостаточные уклоны балконных полов и плохой отвод атмосферных вод от них; неисправность гидроизоляции балконов, особенно в местах примыкания их к стенам; плохая герметизация стыков панелей и примыканий оконных и дверных заполнений к стенам; неудовлетворительное состояние фактурного слоя панелей, наличие на поверхности панелей трещин и глубоких выбоин; нарушение облицовки панелей и др.

4.3 Негативные ситуации при переувлажнении.

Понижение температуры в толще стены происходит по направлению от внутренней к наружной ее поверхности, при этом диффундирующий со стороны помещения поток воздуха может встретить такую зону, температура которой соответствует точке росы, и содержащийся в воздухе пар начинает в этой зоне конденсироваться. Если при этом наружная температура резко понизится, то этот конденсат превратится в лед и материал стены будет разрушаться. С подобными явлениями связана **трещиностойкость** материалов, исключая образование трещин материала ограждающих конструкций и предупреждающее попадание влаги внутрь стены. Для повышения плотности бетонных наружных фактур или облицовкой применяется гидрофобизация.



i-d диаграма влажного въздуха

В другой ситуации при резком повышении температуры воздуха после сильных морозов температура наружной поверхности стены может оказаться ниже температуры наружного воздуха. В этом случае влага воздуха может конденсироваться на наружной поверхности стены. Если такие колебания наружной температуры многократны, это может привести к разрушению наружного отделочного слоя.

Конденсация влаги на поверхности или в толще стены также может привести к расслоению материала конструкции. В рыхлых, с открытыми порами материалах происходит более интенсивное диффузионное перемещение водяных паров, чем в плотных. Появление влаги на внутренней поверхности стены зависит от структуры материала. Так, на поверхности оштукатуренной стены влага конденсата появляется не сразу; пористая штукатурка в начале процесса конденсации впитывает влагу и этим задерживает видимость образования конденсата до полного увлажнения слоя штукатурки.

4.4 Техническое обслуживание стен зданий. Для обеспечения герметичности стыков, плотности наружных фактурных поверхностей ограждающих стен необходимо осуществлять планово-предупредительные мероприятия по герметизации сопряжений, а также ремонт стеновых панелей в сроки, предупреждающие потерю фактурными покрытиями эксплуатационных свойств.

В помещениях с постоянной влажной средой штукатурку надо покрывать водонепроницаемым слоем для исключения проникания влаги в толщу стены (облицовка, масляная окраска, цементная штукатурка и др.).

Увеличение влагостойкости материалов стен достигается их *гидрофобизацией*: специальной обработкой, при которой на поверхности стен образуется слой из гидрофобных веществ и газов. Для гидрофобизации используют отходы нефтепродуктов (битумы и т. п.), каменноугольные продукты (деготь), кремнийорганические соединения, синтетические лаки, клеи и пластмассы.

Увлажненные конструкции высушивают конвективными или радиационными нагревательными приборами. В помещениях с повышенной влажностью рекомендуется

устраивать на поверхности наружных стен со стороны помещений рулонную пароизоляцию. Стабилизировавшиеся трещины, а также трещины, появившиеся в результате температурных деформаций, следует тщательно заделать, а затем восстановить эксплуатационные свойства ремонтируемых участков (прочность, водонепроницаемость).

При эксплуатации любых типов стен запрещается:

сушить белье в комнатах и местах общего пользования;
пользоваться газом для дополнительного обогрева помещений;

устанавливать крепления на внешних поверхностях наружных стен без специального проекта на такие работы.

При эксплуатации полносборных зданий следует проверять:

состояние горизонтальных и вертикальных стыков элементов стен;

надежность и состояние мест сопряжения внутренних стен с наружными, состояние сопряжения стен с перекрытиями, балконами, а также элементами лестничных клеток;

состояние наружного фактурного слоя элементов ограждения.

Состояние элементов фасада контролируют весной и осенью путем осмотра. При наличии подтеков и ржавых пятен необходимо проверить простукиванием плотность защитного слоя, а также путем вскрытий проверить состояние гидроизоляции. При осмотре стен фасадов непрочные детали, а также имеющие признаки отслоения снимают. Снимают также штукатурные слои с нарушенным сцеплением, что устанавливается легким простукиванием. Зоны возможного обрушения обносят ограждением и закрывают проход для пешеходов.

Вопросы для обсуждения на практических занятиях

1. Приводят ли протечки через стыки панелей зданий к намоканию внутренних стен?
2. Устройство чего препятствует проникновению влаги из помещения в наружную стену.

3. Для чего проводится гидрофобизация поверхностей наружных стен.
4. Требуется ли покрытие выступающих элементов фасадов зданий?
5. Как называется температура, ниже которой конденсируется влага воздуха.

Ситуационные задания

Задание 4.1

Выберите, в какой сорбционной способности относятся нижеприведенные строительные материалы:

Таблица 4.

№	Материал стены	активно-сорбирующие влагу	инертно-сорбирующие влагу
1	пенобетон		
2	газобетон		
	бетон		
	Керамический кирпич		
	Силикатный кирпич		

Тестовые вопросы

1. Почему в процессе эксплуатации приходится делать оценку технического состояния здания и отдельных его элементов?

1. Потому что так регламентируют нормы эксплуатации после приемки зданий госкомиссией.
2. Так как воздействие внешней среды, ошибки при проектировании, строительстве приводят к появлению дефектов и повреждений.
3. Для выявления причин и возможных последствий дефектов, обнаруженных при осмотрах.
4. Для определения и обоснования возможности дальнейшей эксплуатации.

2. Какие параметры качества и состояния материала конструкций здания определяют несущую способность конструкций здания?

1. Прогибы, отклонения и трещины.
2. Зыбкость конструкций.
3. Прочность на сжатия, растяжения и срез.
4. Влажность, воздухопроницаемость, гидроизоляция.

3. Что называют технической диагностикой поврежденных элементов здания?

1. Определение дефектов и отказов в зданиях и выявление причин их образования.
2. Визуальный осмотр состояния конструкций зданий.
3. Определение прочности материалов косвенными способами и сравнение ее с результатами стандартных испытаний.
4. Определение прочности материалов разрушающими способами.

4. Какую информацию о состоянии здания и его конструкций дают визуальные методы обследования?

1. Полную информацию, по которой можно принимать конкретные решения.
2. Только качественную информацию, которая является основой для проведения количественных оценок состояния.
3. Визуальные методы обследования всегда должны дополняться оценкой количественной, конкретизирующей параметры прочности, величины дефектов, состояние материалов.

5. Что такое косвенные методы испытания материалов?

1. Косвенный метод испытания материала сводится к изъятию из конструкции, образца материала и испытанию его в лаборатории.
2. Косвенный метод испытания сводится к изготовлению стандартного образца подобного материала с последующим его испытанием в лаборатории.
3. Косвенный метод основан на испытании фактического материала через посредство физической связи различных свойств материала без физического разрушения.

4. Косвенный (неразрушающий) метод определения физических параметров материала базируется на аналитических зависимостях, полученных на основе результатов.

6. Для чего необходимы механические характеристики материалов конструкций зданий и сооружений при эксплуатации?

1. Для обоснования дефектов, выявленных при визуальном осмотре зданий (прогибов, выпучивания, появления трещин и т. д.).
2. Для дополнения характеристик материалов конструкций при составлении технического паспорта строений в БТИ.
3. Для организации нормальной технической эксплуатации конструкций здания.
4. Чтобы обеспечить правильный выбор методов ремонта здания.

Библиографический список к разделу

Основная

1. Гучкин, Игорь Сергеевич.
Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций [Текст] : учебное пособие / И. С. Гучкин. - Москва : Изд-во АСВ, 2001. - 176 с. - ISBN 5-93093-039-2 :
2. Гучкин, Игорь Сергеевич.
Техническая эксплуатация и реконструкция зданий [Текст] : учебное пособие / И. С. Гучкин. - 2-е изд., перераб. идоп. - Москва : Изд-во АСВ, 2011. - 296 с. - ISBN 978-5-93093-631-5.
3. Куулар, Чинчи Шаалыовна.
Техническая эксплуатация зданий и сооружений [Текст] : методические указания для практических работ / Ч. Ш. Куулар. - Кызыл : изд-во ТувГУ, 2016..
4. Порывай, Григорий Андреевич.
Техническая эксплуатация зданий [Текст] : учебник / Г. А. Порывай. - Москва: Стройиздат, 1990. - 368 с. : ил. - (Учебники для техникумов). - ISBN 5-274-00241-2:

Дополнительная

5. Болотин, С. А. Техническая эксплуатация зданий и сооружений : учебное пособие / С. А. Болотин. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный

- архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2018. — 140 с. — ISBN 978-5-9227-0826-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86435.html> (дата обращения: 15.06.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
6. Волков, А. А. Основы проектирования, строительства, эксплуатации зданий и сооружений : учебное пособие / А. А. Волков, В. И. Теличенко, М. Е. Лейбман ; под редакцией С. Б. Сборщиков. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 492 с. — ISBN 978-5-7264-0995-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/30437.html> (дата обращения: 15.06.2020). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
7. Бойкова, М. Л. Техническая экспертиза зданий, сооружений и их конструкций : учебное пособие / М. Л. Бойкова. — Йошкар-Ола : Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2007. — 64 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/23006.html> (дата обращения: 15.06.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
- Рыжков, И. Б. Основы строительства и эксплуатации зданий и сооружений:

Раздел 2. Об энергопотреблении

Для студентов направления подготовки «Строительство» (уровня бакалавриата), изучающих дисциплину «Техническая эксплуатация зданий и сооружений», *эксплуатация* является приоритетным объектом изучения. В свою очередь для этого периода *энергопотребление* является одной из основных статей затрат при эксплуатации объекта. В результате умение рассчитывать энергопотребление является необходимой компетенцией при изучении рассматриваемой дисциплины. И поэтому, с точки зрения мотивации в изучении BIM-технологии проектирования жизненного цикла недвижимого объекта, был выбран частный, но очень важный вопрос, связанный с изучением возможности адекватного расчета энергопотребления. Вместе с этим необычайно широкие возможности такого программного инструментария как Revit-2017, помимо его ориентации на изучаемую дисциплину, также требуют его настройки на специализацию преподавателей и на учет знаний, ранее полученных обучаемыми студентами.

С другой стороны кардинальным преимуществом применения BIM-технологии является комплексность, охватывающая интересы различных участников строительства. В этом отношении можно проанализировать программный комплекс, получивший название Autodesk NevisWork. В настоящее время имеются четыре варианта данной программы, и при этом каждая последующая умеет все то, что имеют предыдущая и сверх этого реализует дополнительные функции, которые в порядке возрастания приведены ниже.

Программа NavisWorks Freedom в основном ориентирована на просмотр трехмерной модели прямо на стройке с помощью беспроводного интернета (3G, SkyLink, WiFi, WiMAX).

Для трех последующих программ есть возможность напрямую читать наиболее популярные форматы файлов (создается КЭШ в формате .NWC), что позволяет вносить изменения в сборную модель, если исходные файлы изменились. Можно сделать файлы, в которых будут только ссылки на исходные файлы во входных форматах (.NWF). И

есть возможность создать "мегафайл", в котором все составляющие файлы сцеплены в единое целое (файл формата NWD).

Перед каждым главным инженером (архитектором) проекта (ГИП-ГАП) стоит основная задача, заключающаяся в обеспечении качества и непротиворечивости проектируемого объекта. Поэтому именно программа **NavisWorks Review** предназначена для проектировщиков и авторского надзора. При этом у каждого отдельного специалиста имеется файл с трехмерной моделью его раздела, выполненный в любой индивидуальной САПР. В данной программе ГИП-ГАП может совместить все эти файлы и при чтении чертежей увидеть ошибки проектирования. Программа снабжена линейкой для измерения размеров и углов, площади помещений и возможность в любом месте написать замечания как от имени авторского надзора, так и от имени технадзора.

NavisWorks Simulate предназначена для этапа строительства и здесь как раз появляется 4 и 5-я координата – время и стоимость. Можно сделать стыковку с программами управления проектами *MS Project* или *Primavera*, то есть задать соответствие между датами планируемых работ в системе календарного планирования и трехмерной моделью. Тогда на экране, например, в режиме кино, может воспроизводиться процесс строительства. Сначала создается строительная площадка, потом монтируются плиты, колонны, коммуникации и так далее. Можно указать любую дату и увидеть при этом, как должен выглядеть строящийся объект. Можно по мере строительства вносить не только планируемые даты производства работ, но и фактические даты, выявляя отклонения факта от плана, и показывая заказчику, кто конкретно виноват в срыве сроков строительства и перерасходе бюджета. Программа снабжена инструментом контроля качества, и для этого можно делать замеры и выявлять отклонения реального объекта от проекта. Тут следует отметить, что данная программа обязательно должна стать объектом исследования, так как необходимо установить те принципы и алгоритмы, которые заложены в расчеты, связанные с

календарным планированием строительства проектируемого объекта.

Navisworks Manage. Эта программа обобщает все предыдущее и добавляет новое. После того как построили недвижимый объект обычно всплывают недостатки или, другими словами, коллизии. Например, выбираем элементы вентиляции и одновременно выбираем все металлические несущие конструкции, указываем допуски и проводим анализ, на основании которого принимается управленческое решение. В программе можно проделать предварительные расчеты безопасности по вылету стрелы крана, имея ввиду то, что она не протаранит что-нибудь, а ее длинны стрелы хватит для доставки груза в нужную точку монтажного горизонта. Можно внедрить человечка и виртуально ходить с ним по объекту, задавать гравитацию, чтобы подниматься и опускаться по лестницам. Можно задавать анимации - подошел к двери, она открылась, ушел - она закрылась. Можно перемещаться с учетом стен, а можно включать опцию IDDQD и ходить с ним "через" стены. Получается, что это живой рендер (гид, помощник), работающий в режиме реального времени.

Таким образом, можно заключить, что дополнение Revit-2017 программами Autodesk NevisWork дает качественно новый технологический уровень организации строительства вообще и в частности. Место общения всех пользователей, связанных с BIM-технологиями проектирования, определено адресом: <http://community.autodesk.ru/>.

На данном же этапе повышения квалификации, из всех многоцелевых программ, реализующих BIM-технологии проектирования, нами была выбрана программа Revit-2017 и ее функция, связанная с расчетом энергопотребления здания, так как она наиболее полно может дополнить изучаемую дисциплину «Основы технической эксплуатации зданий и сооружений». Для анализа использования данной функции в представленной работе выбрано следующее логическое построение.

В первой главе изложен материал, связанный с общими положениями по созданию модели энергопотребления, реализованной в Revit-2017, а во второй главе более детально

излагаются частные, но важные вопросы, связанные с теплотехническими свойствами и геометрическими характеристиками материалов и отдельных конструкций здания. При этом по ходу изложения приведены авторские комментарии, выделенные курсивом. Такой прием, как нам кажется, способствует адресному анализу, направленному на решение актуальных задач энергопотребления. С учетом, представленного анализа, в третьей главе рассмотрены учебно-методические основы формирования курсовой работы по дисциплине «Техническая эксплуатация зданий и сооружений».

1. Общие положения по созданию модели энергопотребления

1.1 Исходные архитектурные модели.

Модель энергопотребления, создаваемая в Revit, определяется множеством аналитических поверхностей и аналитических пространств, которые представляют систему ограждающих конструкций и пространств, через которые происходит теплопередача между зданием и окружающей средой.

Одним из ключевых факторов оптимизации энергопотребления является автоматизированное создание модели энергопотребления непосредственно из архитектурной модели. При этом для создания архитектурной модели в Revit реализовано 3 подхода, различающихся по степени использования либо концептуальных, либо реальных ограждающих конструкций.

- **Формообразующие элементы.** Это самый простой способ и его рекомендуется использовать на ранних этапах процесса проектирования, то есть на этапе концептуального проектирования.

- **Смешанный проект.** Этот способ также рекомендуется использовать на ранних стадиях: для создания схематичного проекта, когда требуется принимать проектные решения относительно размещения окон, витражей и пространств.

- **Подробная архитектурная модель.** При использовании этого метода потребуется выполнить проектирование на основе реальных конструкций и выполнить

несколько простых шагов, чтобы убедиться в том, что модель энергопотребления достаточно адекватна.

В программе модель энергопотребления не создается автоматически, то есть синхронно с архитектурной моделью, а для ее создания нужно выполнить следующую последовательность действий. Нужно войти на вкладку «Анализ» ► панель «Оптимизация энергопотребления» ►  и нажать на кнопку «Создать модель энергопотребления». Процесс создания модели энергопотребления обычно длится секунды или минуты, но может занимать и значительно больше времени, до одного или двух часов в случае очень больших и подробных моделей. В ходе этого процесса программа недоступна для выполнения других задач. При нажатии на кнопку «Создать модель энергопотребления» появляется следующее окно:

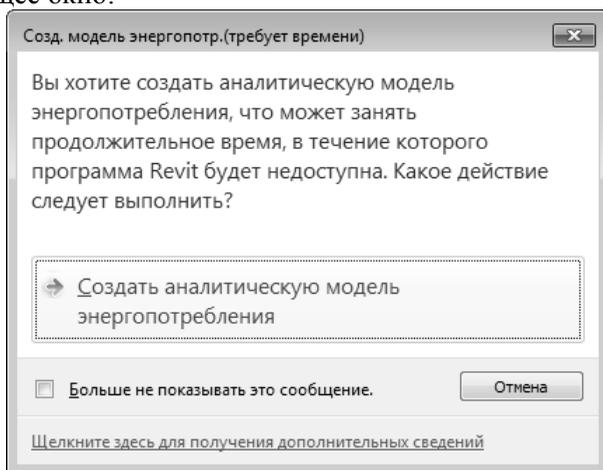


Рисунок 1. Окно создания аналитической модели энергопотребления

Это диалоговое окно позволяет предупредить случайный запуск процесса создания модели энергопотребления. А поскольку сама модель является очень ресурсоемкой, то для продолжения дальнейшего архитектурного проектирования созданную модель обычно удаляют. Для этого после создания модели энергопотребления в программе Revit появляется

параметр «Удалить модель энергопотребления». При повторном выборе команды «Создать модель энергопотребления» создается новая модель энергопотребления. В справке программы Revit приводятся 3 примера расчета времени, необходимого для создания модели энергопотребления.

1) Объем модели А в 3 раза больше, чем объем модели В, поэтому модель А обрабатывается в 9 раз дольше, чем модель В.

2) Значение параметра «Разрешение аналитического пространства» у модели С в 2 раза выше, чем у модели D, поэтому модель С обрабатывается в 8 раз дольше, чем модель D.

3) Объем модели Е в 3 раза больше и разрешение в 2 раза выше, чем у модели F, поэтому модель Е загружается в 72 раза дольше, чем модель F.

1.2 Формы модели энергопотребления.

При использовании команды «Создать модель энергопотребления», в Revit создаются три разных вида (формы) модели.

- Вид 3D-модели энергопотребления
- Спецификация аналитических пространств
- Спецификация аналитических поверхностей

Вид 3D-модели энергопотребления появляется в Диспетчере проекта в категории «3D-виды». На виде 3D-модели энергопотребления используются параметры диалогового окна «Видимость/Графика» для скрытия некоторых категорий элементов здания или для придания прозрачности со значением 50 % другим категориям модели, таким как перекрытия и крыши. На этом виде (см. рисунок 2) отображаются аналитические пространства, которые составляют внутреннюю среду здания и аналитические поверхности, которые отделяют проектируемое здание от внешней по отношению к зданию среды.

Спецификация аналитических пространств. В спецификации аналитических пространств (см. рисунок 3) в форме таблицы отражаются отдельные аналитические пространства модели энергопотребления. Эти пространства были созданы для модели энергопотребления на основе

определенных помещений в модели здания и элементов Revit, ограничивающих помещения. В спецификации отображаются площадь и объем каждого пространства, а также общая площадь и объем всей модели. Если аналитическое пространство основано на его связи с конкретным помещением, то указывается его имя. Для проверки выделенных элементов аналитического пространства используется инструмент «Выделить в модели», что дает возможность его просмотра на «3D-модели энергопотребления».

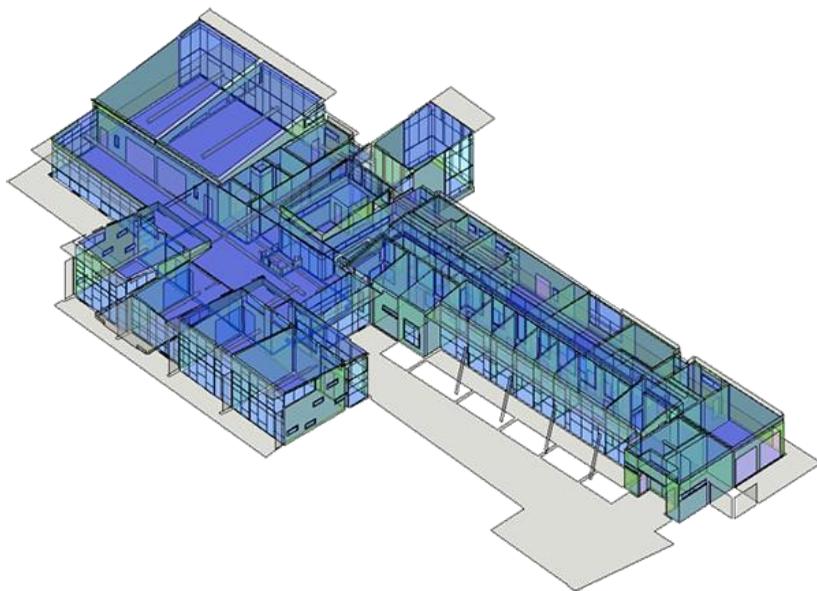


Рисунок 2.. Пример 3D-формы модели энергопотребления

Спецификация аналитических поверхностей. В спецификации аналитических поверхностей (см. рисунок 4) отражены отдельные аналитические поверхности модели энергопотребления.

<Аналитические пространства>

A	B	C	D
Площадь	Число	Имя помещения	Объем
103 м ²	1	Entry Hall 201	300.10 м ³
6 м ²	1	Laundry 104	14.02 м ³
3 м ²	1	Bath 103	8.09 м ³
3 м ²	1	Mech 102	5.76 м ³
0 м ²	1	Kitchen - Dining 10	0.93 м ³
1 м ²	1	Kitchen - Dining 10	0.62 м ³
71 м ²	1	Kitchen - Dining 10	185.78 м ³
13 м ²	1	Entry Hall 201	56.52 м ³
14 м ²	1	Bedroom 202	63.29 м ³
25 м ²	1	Master Bedroom 2	101.96 м ³
6 м ²	1	Bath 205	27.67 м ³
13 м ²	1	Bedroom 204	63.84 м ³
4 м ²	1		14.01 м ³
5 м ²	1	Master Bath 207	27.22 м ³
4 м ²	1	Bath 203	14.92 м ³

Рисунок 3. Пример спецификации аналитических пространств

<Аналитические поверхности>

A	B	C	D
Площадь	Число	Тип проема	Тип поверхности
4 м ²	3	Воздух	
161 м ²	49	Глухое окно	
27 м ²	13	Нераздвижная дв	
60 м ²	8	Открываемое окн	
2 м ²	2	Открываемый св	
92 м ²	17		Внутренний пол
240 м ²	54		Внутренняя стен
214 м ²	16		Крыша
76 м ²	1		Наклонное перекрыт
139 м ²	18		Наружная стена
1 м ²	1		Потолок
960 м ²	56		Станция
101 м ²	7		Фальшпол

Рисунок 4. Пример спецификации аналитических поверхностей

Эти поверхности создаются для модели энергопотребления на основе аналитических пространств. В спецификации отображается площадь каждой поверхности, количество поверхностей данного размера и тип проема (например, двери и окна) или тип поверхности (например, внутренняя стена, наружная стена, крыша, потолок или плита). Для проверки выделенных элементов аналитических поверхностей также используется инструмент «Выделить в модели», который дает возможность его просмотра на «3D-модели энергопотребления».

1.3 Создание модели энергопотребления на архитектурной модели

При создании архитектурной модели необходимо убедиться в том, что результирующая модель энергопотребления является адекватной поставленной цели. При ее создании используются следующие поверхности: внутренние грани стен, осевые линии и наружные грани стен. Для правильного формирования модели энергопотребления рекомендуется выполнить следующие 5 шагов.

1-й шаг. Выбор элементов, определяющих границу помещения. В Revit используются следующие элементы, для которых выбрано свойство «Граница помещения»:

- Потолки
- Колонны
- Панели витража
- Витражные системы
- Импосты витражей
- Двери
- Перекрытия
- Масса
- Крыши: общие ребра, невидимые линии, внутренние ребра, софиты крыши
- Проемы для шахт
- Площадка: основания
- Несущие колонны
- Стены: общие ребра, невидимые линии
- Окна

2-й шаг. Отбраковка элементов, которые не влияют на энергопотребление здания. На 3D-виде выявляются все элементы, которые находятся за пределами здания и не влияют на его энергопотребление (см. рисунок 5). Далее для выделенных элементов отключается свойство «Граница помещения».

3-й шаг. Выявление и устранение проблем, связанных с разрывом конструкций. Чтобы создать модель энергопотребления из архитектурной модели, элементы здания должны образовать замкнутое пространство. Однако модель не обязательно должна быть абсолютно непроницаемой. Небольшие зазоры и наложения являются естественной частью реальных архитектурных моделей.

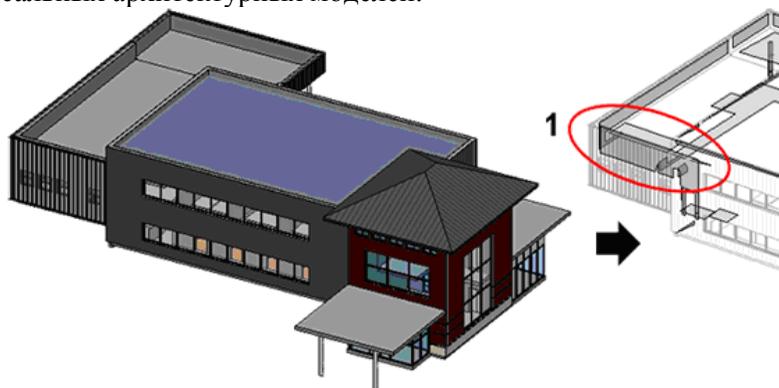


Рисунок 5. Показ элементов, не влияющих на энергопотребление

Их наличие ожидаемо и позволительно для создания модели энергопотребления. Однако, если над пространством отсутствует целая крыша или стена или если имеется большой зазор (более чем в два раза превышающий разрешение аналитического пространства), необходимо устранить проблему (см. рисунок 6). После достижения допустимой замкнутости модели нужно перейти к шагу 4.

4-й шаг. Тонирование поверхностей на модели энергопотребления. Тонирование поверхностей необходимо

тогда, когда какой-либо из архитектурных элементов Revit (или его часть) находится вне основной поверхности теплопередачи здания, например парапет стены или козырек над крыльцом (см. рисунок 5).

5-й шаг. Последовательное уменьшение разрешения аналитического пространства и аналитической поверхности. Наличие небольших зазоров между элементами модели энергопотребления вполне ожидаемо и они существенно не оказывают отрицательного влияния на расчет. Однако, если эти зазоры велики, то необходимо увеличить значения параметров разрешения аналитического пространства и разрешения аналитической поверхности (будет описано в разделе 2.2).

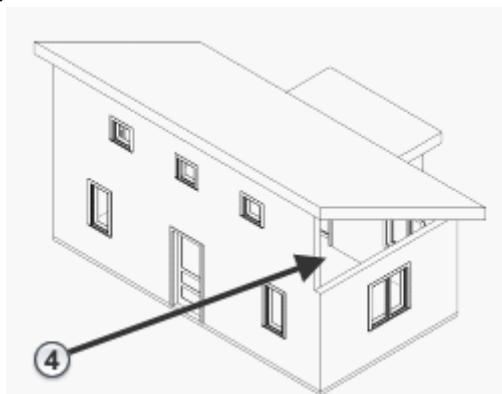


Рисунок 6. Пропущенный элемент, определяющий не замкнутость пространства

1.4 Ввод параметров для здания в целом

Отметка уровня земли. Для точного расчета теплопередачи необходимо выбрать уровень, ниже которого поверхность модели энергопотребления предположительно соприкасается с землей. Для зданий, первый этаж которых частично находится под землей (например, если здание построено на склоне), в качестве уровня земли следует использовать уровень с максимальной внешней поверхностью. При этом считается, что различия в полученных данных расчета энергопотребления будут минимальны.

Стадия проекта. В расчет энергопотребления включаются те элементы здания и (или) концептуальные формы, которые назначены для указанной или более ранней стадии здания. Элементы и формы, назначенные на более поздней стадии здания, исключаются из расчета энергопотребления.

Климатологические и общие данные по зданию. В отчеты о нагрузках, которые находятся в Диспетчере проекта в папке "Отчеты", проставляются климатологические и другие данные по зданию. Результаты, представленные в «Отчеты» распределены по всему проекту, по уровням и по выделенным пространствам. Формы каждого представления повторяются, поэтому, без потери общности, рассмотрим форму, соответствующую всему проекту (см. таблицу 1).

Таблица 1

Исходные данные модели энергосбережения

Местоположение и погодные условия	
Проект	Наименование проекта (вкладка "Управление" > панель "Настройки проекта" > "Сведения о проекте" > "Свойства экземпляра" > "Имя проекта").
Адрес	Адрес проекта (вкладка "Управление" > панель "Настройки проекта" > "Сведения о проекте" > "Свойства экземпляра" > "Адрес проекта").
Широта	Широта, на которой находится проект (диалоговое окно "Управление именованными позициями" > панель "Координаты" > "Широта"). См. раздел «Задание географического местоположения».
Долгота	Долгота, на которой находится проект (диалоговое окно "Управление именованными позициями" > панель

	"Координаты" > "Долгота"). См. раздел «Задание географического местоположения».
Температура летом по сухому термометру	Летняя температура атмосферного воздуха (без учета влажности). Температура по сухому термометру используется в качестве показателя теплосодержания. Местоположение проекта — один из факторов, определяющих температуру по сухому термометру.
Температура летом по влажному термометру	Летняя температура адиабатического насыщения (испарение воды на термометре и его охлаждающий эффект). Температура по влажному термометру всегда ниже температуры по сухому термометру, однако идентична температуре при 100% относительной влажности. Местоположение проекта — один из факторов, определяющих температуру по влажному термометру.
Температура зимой по сухому термометру	Зимняя температура атмосферного воздуха (без учета влажности). Температура по сухому термометру используется в качестве показателя теплосодержания. Местоположение проекта — один из факторов, определяющих температуру по сухому термометру.
Средний диапазон температур за	Средний диапазон температур,

день	определяемый местоположением проекта.
Месяц и час пиковой холодильной нагрузки	Дата, которая использовалась для вычисления пиковых нагрузок.
Тип здания	Тип здания (вкладка "Управление" > панель "Настройки проекта" > "Сведения о проекте" > диалоговое окно "Свойства экземпляра" > "Энергопотребление" > диалоговое окно "Свойства типа" > "Тип здания").
Площадь (кв. футы) <i>Прим.: параметры <u>Единицы проекта</u> определяют единицы измерения для значений, вычисляемых в отчете об отопительной и холодильной нагрузках.</i>	Общая аналитическая площадь всех пространств в здании. Эта площадь вычисляется по чистым поверхностям ограничивающих элементов пространств.
Объем	Общий аналитический объем всех пространств в здании. Этот объем вычисляется по чистым поверхностям ограничивающих элементов пространств.

Комментарий. Анализ методики расчета энергопотребления в Revit показывает, что для расчета тепловых потерь используется зимняя расчетная температура наружного воздуха, но неизвестно какая. В СП по тепловой защите зданий [6] даны конкретные значения, которые определяются строительной климатологией [7]. Тип здания только интегрально определяет внутреннюю температуру в здании, но в СП «Тепловая защита зданий» предписывается использовать различные температуры по отдельным помещениям. В предлагаемых исходных данных отсутствует продолжительность отопительного периода и его средняя температура. Указание широты и долготы расположения

здания определяет его инсоляцию, которая согласно СП «Тепловая защита зданий» рассчитывается по-другому.

В результате получается, что даже состав исходных данных, используемых программой Revit, показывает существенную разницу в расчете тепловых потерь, регламентируемых нормативами РФ.

Инсоляция здания, а также летняя температура и влажность определяют исходные данные для расчета энергопотребления холодильного оборудования, устанавливаемого, как правило, в составе систем кондиционирования воздуха. В РФ, ввиду относительно низких летних температур на ее территории, альтернативой системе кондиционирования воздуха является система приточной вентиляции. Поэтому энергопотребление, связанное с холодильными нагрузками не является типичным случаем (во всяком случае, для рассматриваемой нами учебной цели).

Таблица 2

Рассчитанные величины модели энергосбережения

Результаты расчета	
Пиковая полная холодильная нагрузка	Общая холодильная нагрузка по всем пространствам в здании. Эта величина включает теплопоступления от теплопроводности, вентиляции, труб и воздуховодов, а также ощутимые и скрытые нагрузки.
Месяц и час пиковой холодильной нагрузки	Дата, которая использовалась для вычисления пиковых нагрузок.
Пиковая холодильная нагрузка по явному теплу	Сезонная верхняя точка ощутимой холодильной нагрузки по зданию.
Пиковая холодильная нагрузка по скрытому теплу	Сезонная верхняя точка скрытой холодильной нагрузки по зданию.
Максимальная охлаждающая способность	Максимальная требуемая холодопроизводительность, определяемая как сумма пиковых холодильных нагрузок по зонам здания. При этом учитывается, что

	пиковые нагрузки могут иметь место в разное время в зависимости от условий, таких как местоположение зон в здании (например, с выходом на север или с выходом на юг).
Пиковый расход воздуха при охлаждении	Сезонная верхняя точка расхода охлаждающего воздуха по зданию.
Пиковая отопительная нагрузка	Общая отопительная нагрузка по всем пространствам в здании. Эта величина включает теплопоступления от теплопроводности, вентиляции, труб и воздуховодов, а также ощутимые и скрытые нагрузки.
Пиковый расход воздуха при отоплении	Сезонная верхняя точка расхода отопительного воздуха по зданию.
Контрольные суммы	
Удельная холодильная нагрузка	Общая холодильная нагрузка по зданию, деленная на занимаемую аналитическую площадь здания.
Плотность потока охлаждения	Расход охлаждающего воздуха, деленный на занимаемую аналитическую площадь здания.
Поток охлаждения / холодильная нагрузка	Расход охлаждающего воздуха, деленный на общую холодильную нагрузку по зданию.
Площадь поверхности охлаждения / холодильная нагрузка	Аналитическая площадь зоны, деленная на общую холодильную нагрузку по зданию.
Удельная отопительная нагрузка	Общая отопительная нагрузка по зданию, деленная на занимаемую аналитическую площадь здания.
Плотность потока отопления	Расход отопительного воздуха, деленный на занимаемую аналитическую площадь здания.

Комментарий. Анализ результатов расчета энергопотребления показывает, что большее число рассчитанных величин связано с холодильной нагрузкой. Поэтому снова отметим, что для массовых систем зданий, проектируемых в РФ, актуальными величинами являются две, рассчитанные в Revit характеристики «Пиковая отопительная нагрузка» и «Пиковый расход воздуха при отоплении». Однако, при этом надо иметь ввиду то, что пиковая отопительная нагрузка обычно используется для расчета нагревательных устройств и то при условии определения принятой системы отопления (водяное, греющие полы, воздушное и т.д.). Конечно, если использовать дополнительную информацию, то значение пиковой отопительной нагрузки можно пересчитать в единицы тепловой энергии, затрачиваемой в процессе отопительного сезона.

Этот же комментарий распространяется и на расчет потребления тепловой энергии, связанной с нагревом приточного воздуха. Для этого в программе Revit заполняется дополнительная форма, показанная на рисунке 7.

В связи с заполнением данной формы отметим, что наиболее распространенным для жилых зданий является указание кратности воздухообмена.

Введению информации по воздухообмену предшествует целая иерархия окон, первое из которых называется «**Общие параметры энергопотребления**» (показано на рисунке 8).

Параметр	Значение
<input checked="" type="checkbox"/> Наружный воздух на 1 человека:	8.00 л/с
<input type="checkbox"/> Наружный воздух на единицу площади:	0.00 л/(с·м²)
<input type="checkbox"/> Кратность воздухообмена:	0.000000

Рисунок 7. Вводимая информация по воздухообмену.

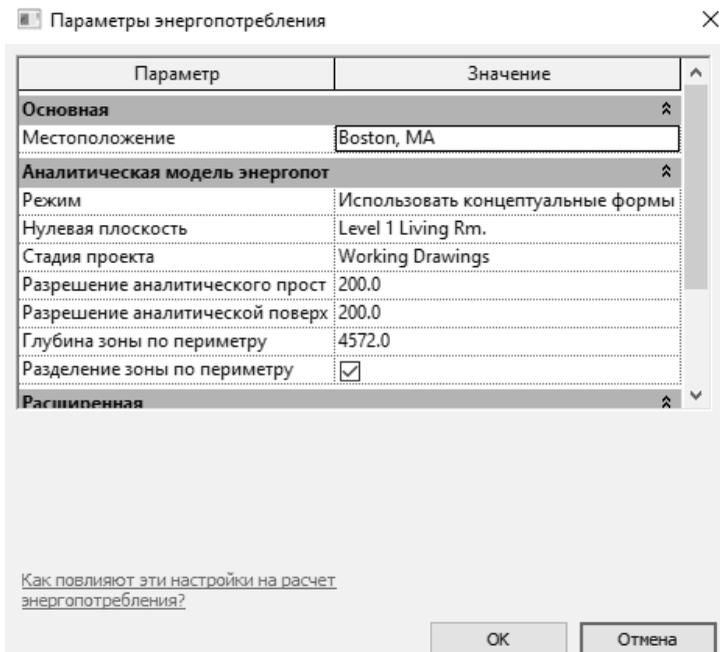


Рисунок 8. Общие параметры энергопотребления

В это окно вводится информация по местоположению объекта, его стадии и по определению усредненного уровня земли. Эти параметры уже были охарактеризованы выше. Ввод параметров по воздухообмену проводится через форму, представленную на рисунке 8, посредством добавления через нее расширенных характеристик. Также в форму, представленную на рисунке 8, вводятся данные по разрешению аналитического пространства, аналитической поверхности и глубине зоны по периметру. Эти данные будут прокомментированы в разделе 2.2.

1.5 Оптимизация энергопотребления здания

Непосредственная оптимизация энергопотребления здания заключается в реализации следующей технологии. После использования команды Energy Optimization for Revit для создания модели энергопотребления и выполнения расчета

энергопотребления можно использовать Autodesk Insight 360. При этом программа Insight 360 нацелена на получение результатов, определяемых расчетом множества теплотехнических характеристик, а ее рабочий процесс позволяет интегрировать различные проектные группы и ориентироваться при этом на лучшие экологические и энергетические показатели в здании на всех стадиях его эксплуатационного цикла. Структурно программа Insight 360 состоит из трех частей:

- «Галерея Insight»: организация проектов, стадий проектирования, моделей и сравнений на простом виде галереи.
- «Несколько моделей» и «Сравнение сценариев»: просмотр и оценка различных моделей и стратегий проектирования.
- «Диапазон энергопотребления и его факторы»: просмотр диапазона энергопотребления для модели, определение роли ключевых факторов проектирования и эксплуатации и ориентация на улучшение характеристик.

После завершения расчета энергопотребления пользователь получает электронное письмо, содержащее ссылку на модель в Insight 360. Чтобы открыть модель в Insight 360 и посмотреть результаты, используется один из следующих способов:

- Необходимо «щелкнуть» на ссылку в электронном письме.
- Далее в Revit нужно переместиться на вкладку «Анализ» ► панель «Оптимизация энергопотребления» ►  («Оптимизация»).
- И, наконец, войти на страницу insight360.autodesk.com, введя при этом свою учетную запись Autodesk. В галерее Insight можно войти в раздел «Диапазон энергопотребления» для сравнения и анализа данной модели.

Примечание. Для открытия Insight 360 можно использовать браузер Google Chrome™, Mozilla® Firefox® и Apple® Safari®. Другие браузеры могут не поддерживать Insight 360. При возникновении проблем или вопросов, связанных с

Energy Optimization for Revit, можно запустить процесс решения проблем (Документация по продукту | 2017-01-19).

Комментарий. Для повышения энергоэффективности конкретного проекта программа Revit рекомендует частое использование инструмента **Energy Optimization for Revit**. В этом, наверно, как раз и заключается применение словосочетания оптимизация энергопотребления.

2. Ввод тепловых свойств материалов и геометрических данных

2.1 Ввод тепловых свойств материалов

Тепловые свойства, связанные с конкретными элементами здания используются при расчете энергопотребления и позволяют получить более реалистичные результаты. Для этого используется команда «Подробные элементы», находящаяся в диалоговом окне «Дополнительные параметры энергопотребления».

Включение тепловых свойств в расчет энергопотребления предписывает следующую последовательность действий.

1. Необходимо открыть вид, в котором отображается подробная модель здания.

2. Далее нужно выбрать вкладку «Анализ» ► панель «Оптимизация энергопотребления» ►  («Параметры энергопотребления»).

3. В диалоговом окне «Параметры энергопотребления» в разделе Другие параметры надо нажать на кнопку «Редактировать».

4. В диалоговом окне «Дополнительные параметры энергопотребления» найти параметр «Подробные элементы» и нажать на кнопку «ОК».

5. Далее нужно добавить тепловые свойства на основе материалов к элементам, как описано ниже.

Добавление тепловых свойств к элементам (стены, перекрытия, крыши и т. д.)

1. Откройте вид, в котором отображается подробная модель здания.

2. Выберите элемент здания, например стену.
3. На палитре свойств нажмите кнопку  «Изменить тип».
4. Нажмите кнопку «Изменить» для параметра «Конструкция».
5. Щелкните в диалоговом окне «Редактирование сборки» значок  в столбце «Материал».
6. Щелкните в диалоговом окне «Диспетчер материалов» значок «+»  «Тепловой» для просмотра и редактирования тепловых свойств.
7. Нажмите кнопки «Применить» и «ОК» для выхода из диалогового окна.
8. Нажмите кнопку «ОК» для выхода из диалогового окна «Редактирование сборки».
9. Обратите внимание, что в диалоговом окне «Свойства типа» в разделе «Свойства аналитической модели» заполнены следующие тепловые свойства: коэффициент теплопередачи (U), термостойкость  и теплоемкость.
10. Повторите шаги 2-9 для каждого элемента, который требует наличия тепловых свойств для расчета энергопотребления.

Задание тепловых свойств для окон

1. Откройте вид, в котором отображается подробная модель здания.
2. Выберите окно.
3. На палитре свойств нажмите кнопку  «Изменить тип». В разделе «Свойства аналитической модели» выберите тип остекления для аналитической конструкции.
4. Нажмите кнопки «Применить» и «ОК» для выхода из диалогового окна.
5. Обратите внимание, что в диалоговом окне «Свойства типа» в разделе «Свойства аналитической модели» заполнены следующие тепловые свойства: коэффициент теплопередачи (U), термостойкость  и теплоемкость.

Задание тепловых свойств для витражей и витражных систем

1. Откройте требуемую панель системы остекления в списке «Семейства» в Диспетчере проекта.
2. Откройте ее свойства и в разделе «Свойства аналитической модели» выберите тип остекления для аналитической конструкции.
3. Нажмите кнопки «Применить» и «ОК» для выхода из диалогового окна.
4. Обратите внимание, что в диалоговом окне «Свойства типа» в разделе «Свойства аналитической модели» заполнены следующие тепловые свойства: коэффициент теплопередачи (U), термостойкость ® и теплоемкость.

При выполнении последующей оптимизации энергопотребления, для расчета энергопотребления используются подробные тепловые свойства элементов на основе конкретных материалов. Для тех элементов, которые еще не содержат эти данные, в моделировании используются выбранные типы схемы или концептуальные типы по умолчанию.

***Комментарий.** Подход вполне приемлемый, однако, выбор теплотехнических свойств по умолчанию все же требует определенного пояснения. Дело в том, что согласно СП «Тепловая защита зданий» вводятся ограничения на минимально возможные термические сопротивления основных ограждающих конструкций. Вряд ли можно ожидать, что именно эти ограничения были использованы в программе Revit по умолчанию. Следует также отметить, что имеется разность в применяемой терминологии. Например, в программе Revit термическое сопротивление названо термостойкостью. Также необходимо обратить внимание на избыточность вводимой информации, так, например, коэффициент теплопередачи является величиной обратной к термическому сопротивлению. А если при этом пользователь неправильно введет одно из двух данных, то возникнет противоречие, или, выражаясь языком Revit коллизия.*

2.2 Задание разрешения аналитического пространства и поверхности

Параметр «Разрешение аналитического пространства» представляет собой важную информацию, используемую в алгоритме генерации аналитической модели энергопотребления. Разрешение аналитического пространства, по существу, определяет минимальный зазор между элементами Revit, которые должны игнорироваться при идентификации пространств модели энергопотребления. Это основной параметр, влияющий на точность и время обработки модели энергопотребления. Этот параметр можно определить в диалоговом окне «Параметры энергопотребления». Для параметра «Разрешение аналитического пространства»:

- Значение по умолчанию = 18 дюймов (457,2 мм)
- Минимальное значение = 6 дюймов (152,4 мм)
- Максимальное значение = 3 048 мм (10 футов)

Максимальное расстояние между элементами Revit, которое может быть проигнорировано при идентификации пространств модели энергопотребления, в 2 раза превышает значение параметра «Разрешение аналитического пространства». Такой подход можно проиллюстрировать примером (см. рисунок 9), когда на виде плана показаны 2 стены, ограничивающие внутреннее пространство, с зазором X между ними.

При условии, что значение параметра «Разрешение аналитического пространства» = 18 дюймов (457,2 мм):

- Если $X < 18"$ (457,2 мм), то зазор игнорируется и создается пространство аналитической модели энергопотребления.
- Если $X > 18"$ (457,2 мм) и $< 36"$ (914,4 мм), то зазор может не учитываться.
- Если $X > 36"$ (11 м), то зазор не игнорируется и аналитическое пространство не создается.

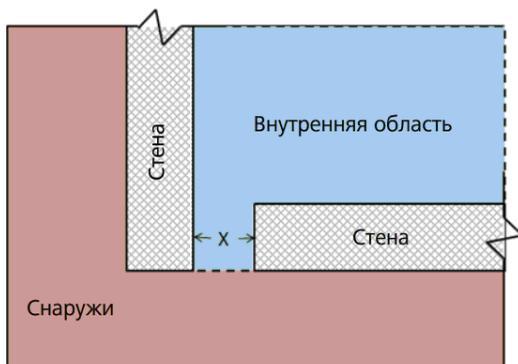


Рисунок 9. Пример зазора аналитического пространства в аналитических поверхностях

Параметр «Разрешение аналитической поверхности» представляет собой важную информацию, используемую в алгоритме генерации модели энергопотребления. Параметр «Разрешение аналитической поверхности» определяет возможность поиска отдельных аналитических поверхностей с помощью алгоритма.

Он должен быть меньше минимального размера поверхности, которую требуется включить в модель энергопотребления. Этот параметр можно определить в диалоговом окне «Параметры энергопотребления». Для параметра «Разрешение аналитической поверхности»:

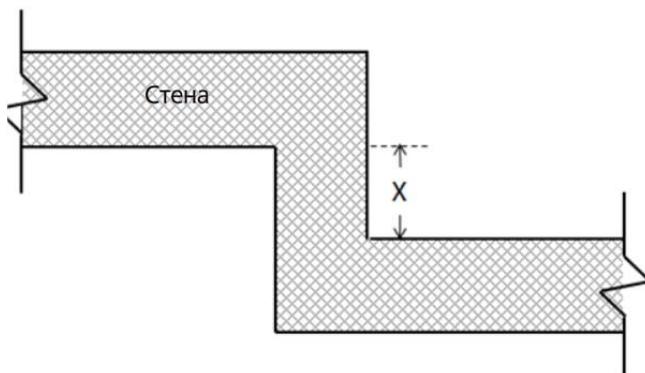


Рисунок 10. Пример уступа в аналитической поверхности

- Значение по умолчанию = 304,8 мм (12 дюймов)
- Минимальное значение = 76,2 мм (3 дюйма)
- Максимальное значение = 3 048 мм (10 футов)

Этот подход можно проиллюстрировать на примере (см. рисунок 10) вида плана для стены, представленном ниже. При условии, что значение параметра «Разрешение аналитической поверхности» = 12 дюймов (304,8 мм):

- Если $X < 12''$ (304,8 мм), то аналитическая поверхность для этого сечения стены не создается.
- Если $X > 12''$ (304,8 мм) и $< 24''$ (609,6 мм), то аналитические поверхности для данного сечения стены, возможно, не будут созданы.
- Если $X < 24''$ (609,6 мм), то для этого сечения стены будет создана аналитическая поверхность.

Глубина зоны по периметру. Это параметр, который указывает расстояние от внешних стен для определения зоны по периметру (см. рисунок 11). Данный параметр должен всегда использоваться в сочетании с параметром «Разделение зоны по периметру»

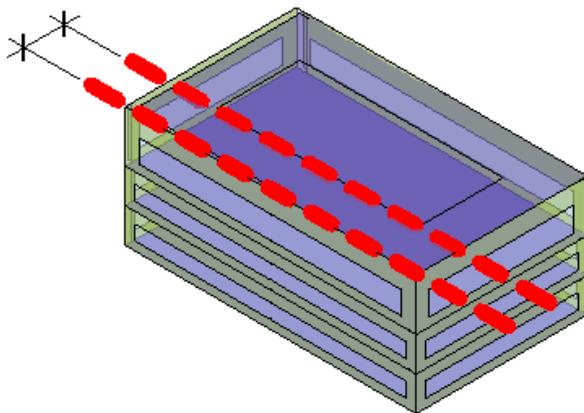


Рисунок 11. Пример указания ширины зоны по периметру здания

Связано введение данного параметра с тем, что отопительные и холодильные нагрузки для основной зоны здания отличаются от нагрузок для периметра, так как эта зона не подвержена влиянию погодных условий или воздействию света через окна. Стандартная глубина зоны по периметру составляет 4-5 м (12-15 футов).

Настройка глубины зоны по периметру является важной частью процесса автоматического теплового зонирования, особенно для зданий с большими открытыми планами или для форм на раннем этапе разработки. Подробные сведения приведены в разделе «Пространства в модели энергопотребления».

Разделение зоны по периметру. Этот параметр выбирается для того, чтобы разделить периметр здания (исключая основную зону) на отдельные температурные зоны (см. рисунок 12). Это значение всегда должно быть включено, если значение параметра «Глубина зоны по периметру» больше нуля. С помощью введения зон по периметру можно более точно оценить энергопотребление. Например, по вечерам в конце лета на западном фасаде может присутствовать солнечный теплоприток, в то время как на восточном его нет. С помощью зонирования по периметру можно выполнять расчет энергопотребления для этих зон по отдельности.

При использовании зон по периметру некоторые внутренние поверхности и поверхности разделения (теоретические поверхности, разделяющие пространство на температурные зоны) не были видны. Такая ситуация вполне ожидаема, поскольку она практически не влияет на моделирование энергопотребления. Большинство пространств в этих конфигурациях сохраняются при той же температуре.

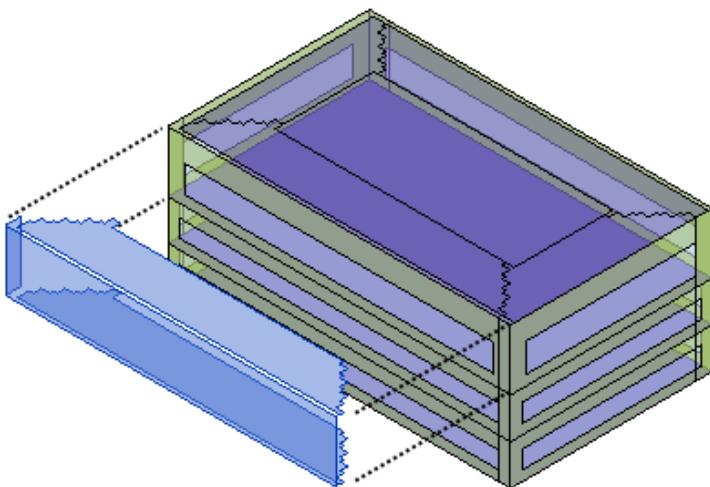


Рисунок 12. Разделение пространства здания на температурные зоны

Таким образом, между пространствами не возникает теплообмена.

Комментарий. Определение допустимых зазоров между конструкциями имеет смысл только для обеспечения расчета тепловых потерь, когда большие зазоры не позволяют считать аналитические зоны в качестве внутренних помещений. В результате для сверх нормативных зазоров программа принимает решение о принятии в соответствующих зонах наружной температуры, что, вообще говоря, позволяет рассчитать тепловые потери, но результаты расчета будут некорректными. Поэтому в любом случае сверхнормативные зазоры нужно устранять. Изломы аналитических поверхностей также можно избежать, посредством замены одной сложной конструкции на ряд простых конструкций. Разделение внутреннего пространства здания на отдельные зоны с индивидуальными внутренними температурами целесообразно проводить в проектах профессионального кондиционирования воздуха. Для

большинства проектируемых зданий при расчете тепловых потерь достаточно указать внутреннюю температуру помещений. Тогда расчет можно проводить согласно предписаниям СП «Тепловая защита зданий», при этом для расчета тепловых затрат на нагрев приточного воздуха необходимо знать объемы помещений.

Объем помещения. Значения объема помещений отображаются на палитре свойств на марках и в спецификациях помещений. По умолчанию в Revit не рассчитываются объемы помещений. При отключенном расчете объема в марках и спецификациях помещений для параметра "Объем" отображается текст "Не рассчитывается". Так как расчет объема может повлиять на производительность Revit, этот режим следует включать только при необходимости подготовки и печати спецификаций или других видов с отображением объемов.

2.3 Специфические ситуации при создании модели энергопотребления

Если планируется выполнять оптимизацию энергопотребления для архитектурной модели, содержащей формы и подробные элементы, необходимо понимать, как Revit использует эти элементы для создания модели энергопотребления.

Многослойные элементы. Два или более элементов считаются многослойными, если они расположены параллельно (см. рисунок 13) или почти параллельно в пределах одинарного или двойного значения.

В этих случаях создается отдельная аналитическая поверхность соответствующего типа. Если для отдельных многослойных элементов предусмотрены тепловые свойства материалов, они преобразуются в соответствующий набор данных о конструкциях, слоях и материалах в файлах типа gbXML, DOE2 и EnergyPlus.

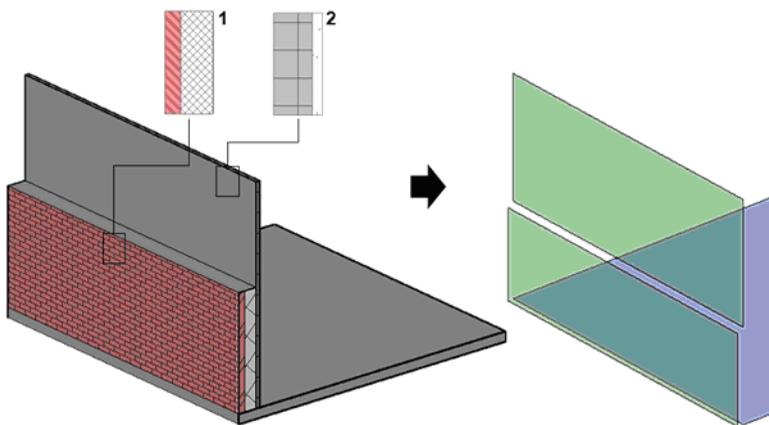


Рисунок 13. Многослойные конструкции

Полые пространства потолка. Во время создания модели энергопотребления, для создания аналитических поверхностей потолка (см. рисунок 14) обрабатываются так же, как и другие элементы здания. Кроме того, создаются аналитические пространства, представляющие собой полые пространства потолка. В следующем примере показан типичный подвесной потолок, глубина которого варьируется в зависимости от ситуации. На основании глубины и значения параметра разрешения аналитического пространства обработка каждого полого пространства потолка является результатом выполнения одного из трех условий:

1. Меньшее значение глубины или разрешения: для полых пространств потолка не создаются отдельные аналитические пространства.

2. Для потолочных панелей отключено свойство «Граница помещения»: для полых пространств потолка не создаются отдельные аналитические пространства.

3. Большее значение глубины или разрешения: отдельные аналитические пространства создаются для полых пространств потолка и моделируются таким образом, чтобы средняя глубина была меньше 2 м (6,5 футов).

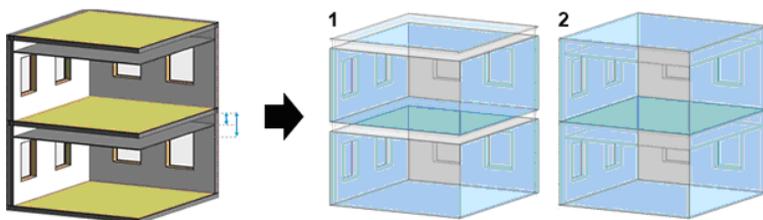


Рисунок 14. Полые пространства потолков

Колонны. Во время создания модели энергопотребления, для создания аналитических поверхностей колонны (см. рисунок 15) обрабатываются почти так же. Однако в зависимости от их размера и подробностей геометрии, колонны могут не подходить для моделирования энергопотребления. В следующем примере показаны внешние колонны, составляющие значительную часть внешних стен. Однако при использовании внутренних колонн уменьшается доступная для использования площадь пола, что оказывает влияние на остальные данные энергопотребления, например удельная мощность оборудования и освещение. Насколько учитываются колонны, зависит от ее размера и от параметра разрешение аналитического пространства.

Во время создания модели энергопотребления проемы Revit (проемы по грани, проемы для шахты, стены, вертикальные проемы и слуховые окна) обрабатываются для создания аналитических поверхностей так же, как и другие элементы здания, иногда с небольшим отличием.

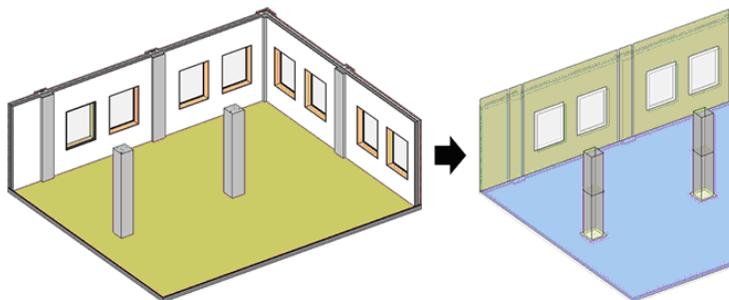


Рисунок 15. Отображение колонн

2.4 Общий качественный анализ поверхностей

Геометрия поверхностей. В модели энергопотребления геометрия поверхности представляет собой форму и компоновку здания. В формате gbXML можно представить геометрию поверхности в двух вариантах: плоская и прямоугольная. В обоих случаях необходимо представить общую площадь и положение каждой наружной поверхности относительно солнца и ветра. С помощью этой информации можно гарантировать, что при моделировании энергопотребления будет определена величина теплопередачи по поверхности из одного пространства в другое.

1. **Плоская геометрия поверхности** определяется с помощью координаты точки в Декартовой системе координат: набор координат по осям X, Y и Z, в которых закреплено положение, форма и размер каждой плоской поверхности.

2. **Прямоугольная геометрия поверхности** сохраняет те же самые данные (площадь и положение поверхности относительно солнца и ветра). Однако для нее используются числовые значения высоты, ширины, наклона и ориентации.

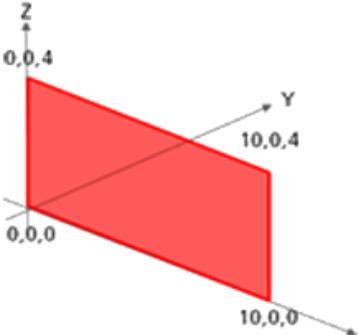
1. Плоская геометрия	2. Прямоугольная геометрия
	Ширина = 10 Высота = 4 Наклон = 90 градусов Азимут = 0 градусов

Рисунок 16. Формы отображения геометрии плоскости

Плоская геометрия используется чаще, поскольку она обозначает настоящую форму и компоновку здания с отдельными плоскими поверхностями. Прямоугольная

геометрия является более абстрактной, ее визуальная проверка трудна и в ней невозможно учесть такие факторы, как тени от других поверхностей. Плоская геометрия поверхности является наиболее распространенным типом, используемым для моделирования энергопотребления всего здания.

Точность пространств и поверхностей. При создании модели энергопотребления на основе архитектурной модели существует несколько способов размещения и измерения пространств и поверхностей. Некоторые инструменты разработки моделей разными способами определяют площади, объемы и границы поверхностей; при использовании таких инструментов отдельно получают немного разные результаты измерений и координаты.

Пример, показанный на рисунке 17, связан с обработкой сложных архитектурных элементов. В контексте модели энергопотребления такие основные элементы, как криволинейные стены или крыши, вызывают затруднения из-за ограничений плоских поверхностей. Сложные элементы здания должны быть точно представлены для эффективной обработки процессов теплопередачи. Например, на простом представлении криволинейной стены может правильно сохраняться ее площадь, но при этом могут быть не учтены эффекты солнечного затенения. На следующих иллюстрациях показано представление тех же криволинейных стен в модели энергопотребления с использованием 2 или 7 многогранных граничных поверхностей.

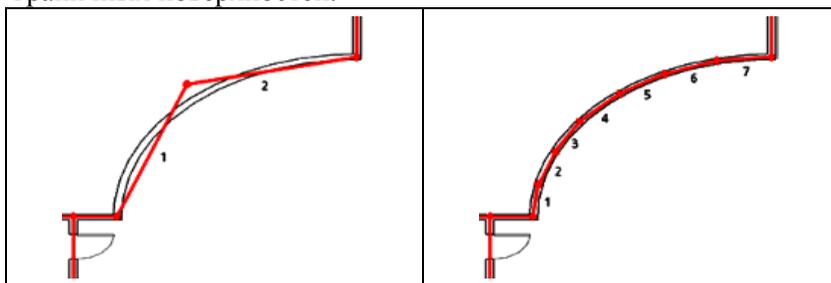


Рисунок 17. Упрощенное отображения геометрии ограждающей конструкции

С помощью автоматизированного процесса, который используется инструментом Energy Optimization for Revit для создания модели энергопотребления, она немного упрощается, но при этом обеспечивается более высокая точность. Этот инструмент работает с архитектурными элементами здания, заданными в модели. Несмотря на то, что при использовании этого метода создаются большие файлы gbXML, стратегия облачной обработки помогает свести к минимуму этот недостаток.

3. Учебно-методические основы курсовой работы

3.1 Схема построения курсовой работы в программе Revit Architecture

Описание исходных данных здания. Основной целью представленного примера курсовой работы является расчет энергопотребления. Поэтому чтобы более эффективно прийти к поставленной цели нужно в качестве исходного задания использовать ранее запроектированное здание. Представим предельно простой вариант демонстрационного здания [1], сформированного в программе Revit Architecture 2009 и показанного на рисунках 18-20. На рисунке 18 представлен план 1-го этажа, на рисунке 19 разрез здания, а на рисунке 20 его аксонометрия.

На рисунке 20 представлена аксонометрическая схема здания, с указанием двух рельефов, образованных «черными» и «красными» отметками.

Комментарий. *Следует отметить, что в более ранней версии программы Revit Architecture 2009 функция тонирования, которая рассмотрена нами ранее, была не предусмотрена, поэтому чтобы в площадь, определяющую тепловые потери через крышу, не попали бы свесы, они просто не отображены. В новой версии Revit-2017 данное визуальное несоответствие исключается применением операции тонирования.*

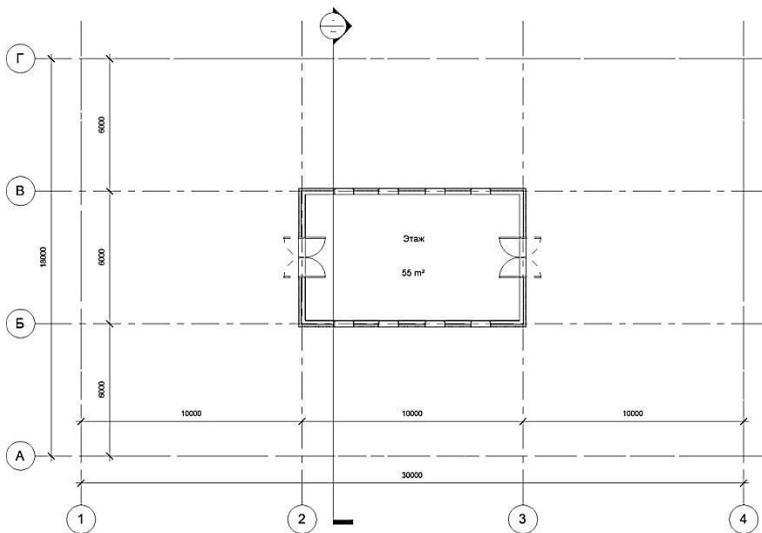


Рисунок 18. План 1-го этажа здания

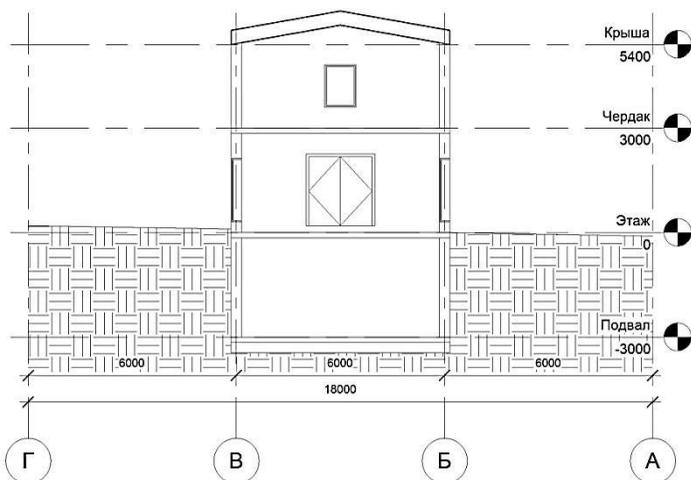


Рисунок 19. Разрез здания.

Рис. 19 Аксонометрическая схема здания и рельефов земельного участка.

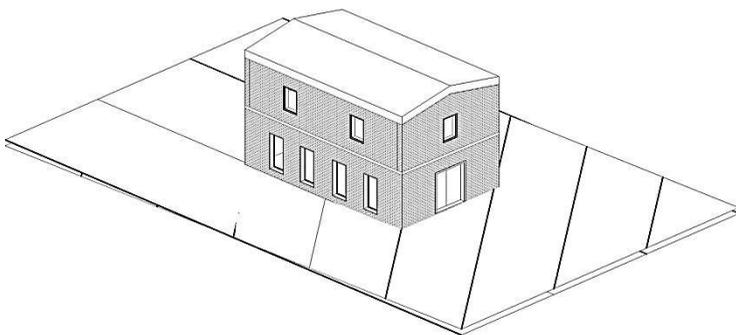


Рисунок 20. Аксонометрический вид здания.

В рассматриваемом здании выделено 3 комнаты: подвал, этаж и чердак, а их границы определяются таким свойством конструкций, как «Границы комнат». Для расчета площадей и объемов комнат необходимо войти в пункт меню «Параметры» и вызвать опцию «Расчеты площадей и объемов». В результате, все созданные комнаты и конструкции можно представить в виде спецификаций. Например, отображение параметров окон посредством спецификации осуществляется следующим образом. В инструментальной палитре открывается «Вид» и создается новая спецификация с первоначальным названием «Спецификация окон», которое в дальнейшем можно изменить. В данном примере каждое из чердачных окон имеет габариты $0,9\text{м} \times 1,22\text{м}$ и вычисляемую площадь 1м^2 . Для спецификации используются поля: «Семейство и тип», которое определяет тип конструкции, «Уровень» - определяет расположение конструкции по высоте, «Количество» - определяет число конструкций, «Площадь» определяется суммарную площадь раннее определенного количества в м^2 .

Поле «Маркировка» использовано для обозначения ориентации конструкции. Дело в том, что ориентация конструкции нужна для расчета поступления тепла в здание

через его инсоляцию. Справочные данные по инсоляции учитывают ориентации по сторонам света через каждые 45 градусов [7]. Поэтому нами принята следующая кодификация ориентации ограждающих конструкций. Горизонтальные поверхности маркируются нулем, вертикальные поверхности нумеруются числами: 1 – северное направление, 2 – северо-восточное, 3 – восточное, 4 – юго-восточное, 5 – южное, 6 – юго-западное, 7 – западное, 8 – северо-западное. Для конструкций не подверженных инсоляции числовая маркировка отсутствует. Для выявления таких конструкций необходимо в меню «Параметры» задействовать опцию «Параметры естественного освещения». Примененная система кодировки ориентации конструкции позволяет «поворачивать» здание по часовой стрелке за счет увеличения кода на единицу, а для последней (северо-западной ориентации) изменением кода с 8 на 1. В таблице 3 показана сводная спецификация всех наружных ограждающих конструкций рассматриваемого здания.

Таблице 3

Спецификация наружных ограждающих конструкций

Семейство и тип	Уровень	Кол-во	Зона, м ²	Маркировка
Двери	Этаж	1	3.6	3
Двери	Этаж	1	3.6	7
Окна	Этаж	4	6.7	1
Окна	Этаж	4	6.7	5
Окна	Чердак	2	2.2	1
Окна	Этаж	1	1.1	3
Окна	Этаж	2	2.2	5
Окна	Этаж	1	1.1	7
Крыша	Чердак	1	65.9	0
Фундамент-плита	Подвал	1	64.9	0
Цоколь	Подвал	4	91.2	0
Стены	Этаж+Чердак	2	44.1	1
Стены	Этаж+Чердак	2	30.1	3
Стены	Этаж+Чердак	2	42.5	5
Стены	Этаж+Чердак	2	28.5	7

Следует отметить, что названия граф в Revit Architecture-2009 не редактируются, а поэтому при практическом использовании «защитые» в программу названия требуют определенных комментариев.

***Комментарий.** Здесь следует отметить, что в новой версии программы (Revit-2017) описанные выше процедуры создания спецификаций упрощаются за счет того, что специально для модели энергопотребления создается единая спецификация аналитических поверхностей с расчетом их площадей (см. рисунок 4). Однако кодифицированный учет ориентации аналитических поверхностей по-видимому остается актуальным.*

Список ресурсов, подлежащих экономии. Во-первых, можно учесть возможность организации водосбора осадков с крыши здания. Для справки дадим выдержку из СНиП «Строительная климатология» [7]. Количество осадков рассчитано за холодный (ноябрь - март) и теплый (апрель - октябрь) периоды (без поправки на ветровой недоучет) как сумма среднемесячных значений; характеризует высоту слоя воды, образовавшегося на горизонтальной поверхности от выпавшего дождя, мороси, обильной росы и тумана, растаявшего снега, града и снежной крупы при отсутствии стока, просачивания и испарения. Например, для Кызыла суммарное годовое количество осадков равно 620 мм/м² горизонтальной поверхности. Таким образом, очевидно, что общий объем собираемой воды будет зависеть от площади крыши.

В качестве дополнительного ресурса может быть запроектирована закачка тепла из-под основания здания тепловым насосом, тепловой съем которого будет зависеть от удельной тепловой мощности уложенного в землю трубопровода, которая составляет приблизительно 30-40 Вт/м². Таким образом, тепловой эффект будет зависеть либо от площади земельного участка, либо от площади основания здания под которыми укладывается первичный контур теплового насоса.

Таким же дополнительным ресурсом может служить и инсоляция отдельных конструкций здания. Наиболее простым

способом инсоляция определяется по СНиП «Строительная климатология» [7], а наиболее сложным способом по СП «Проектирование тепловой защиты здания». Очевидно, что на концептуальной стадии энергоресурсосберегающего проектирования целесообразно применение более простого способа, учитывая при этом, что количество солнечной энергии определено для ясного неба, а полученная при этом энергия утилизируется на все 100%. Это может рассматриваться как максимальный инсоляционный потенциал.

Последним источником энергоресурсосбережения может считаться экономия тепловых потерь здания. Другая часть тепловых потерь связана с необходимостью подогрева приточного воздуха, и они зависят от объема помещений здания и от принимаемой в расчет кратности воздухообмена.

Созданные в Revit Architecture-2009 спецификации могут быть преобразованы в текстовые файлы с помощью последовательности команд «Файл» - «Экспорт» - «Спецификация». Далее для расчета технико-экономических оценок энергоресурсосберегающих характеристик спецификации необходимо вставить в подходящую расчетную программу, в качестве которой нами использована программа Excel. Для автоматизированной вставки спецификаций может быть использован соответствующий макрос, а для «ручного» действия эту процедуру можно осуществить по следующей ориентировочной технологии.

На 1-м шаге надо войти в меню «Данные» - «Импорт внешних данных» - «Импортировать данные». В результате появляется окно «Выбор источника данных», оперируя которым находим импортируемый файл спецификации типа «спецификация стен» и открываем его.

На 2-м шаге для найденного файла устанавливаем параметры импортирования, которые определяют: «с разделителями» или «фиксированной ширины»; далее «Начать импорт с X-ой строки»; формат файла по умолчанию «1251: Кириллица (Windows)».

На 3-м шаге выбирается символ-разделитель, например, «;», а далее выбирается ограничитель строк, например «'»», и «считать ли последовательные разделители одним».

На 4-м шаге определяется формат данных столбца, например, «общий»; в опции «Подробнее» выполняются установки: «Разделитель целой и дробной части», например, «,», «Разделитель разрядов», например, «нет» и флажок знака минус в конце числа.

После нажатия на кнопку «Готово» появляется окно «Куда поместить данные?»: на «Имеющийся лист» с указанием ячейки (по умолчанию активной, например «\$A\$28»).

В качестве исходных данных используются определенные приближения. Так для определенного примером места строительства принята продолжительность отопительного сезона с 1 октября по 30 апреля, то есть целое число месяцев. Это сделано из-за того, что в таблицах инсоляции статистические данные интегрированы по целым месяцам года.

В основном, используемые для расчета формулы соответствуют принятой в настоящее время нормативной литературе [6, 7], а расчет коэффициента компактности здания соответствует принципам, заложенным профессором С.Н.Булгаковым для обоснования повышенной ширины зданий [8].

Исключения составляют только те данные, которые не могут быть определены на концептуальной стадии предлагаемого энергоресурсосберегающего проектирования. Например, кратность воздухообмена принята одинаковой по всем помещениям здания, но исходя из норматива по жилым зданиям [9], а энергопотребления теплового насоса определены усреднено, исходя анализа различных источников информации. При определении тепловых потерь в расчете использованы предельно допустимые тепловые сопротивления [6].

Представленный пример не претендует на всеобщий охват всех ситуаций, связанных с расчетами энергопотребления и ресурсопотребления, он в большей степени показывает возможности предлагаемого подхода и используемого инструментария.

3.2. Ресурсное обеспечение выполнения курсовой работы

Анализ особенностей изученных дисциплин.

Представим краткий анализ дисциплин, которые могут

считаться предшествующими по отношению к дисциплине «Основы технической эксплуатации зданий и сооружений».

Информатика. В настоящее время в рамках изучения этой дисциплины студенты получают знания, умения и навыки работы с графическими пакетами чертежных программ, например, таких как Autocad. В интересах выполнения рассматриваемой курсовой работы можно изменить и дополнить рабочую программу данной дисциплины изучением основ проектирования в программе Revit-2017.

Архитектура и строительные конструкции. Процесс изучения данной дисциплины также можно будет видоизменить так, что на практических занятиях можно выполнить курсовую работу по проектированию зданий в программе Revit-2017. Тогда к моменту начала изучения дисциплины «Основы технической эксплуатации зданий и сооружений» у студентов будет файл с проектом здания, выполненным в программе Revit-2017.

Строительные материалы. В данной, изученной ранее дисциплине, студенты получили знания по теплотехническим свойствам материалов, в частности, по коэффициентам теплопроводности и теплоемкости, а также по термическому сопротивлению многослойных конструкций. Данные характеристики как раз и являются основой расчета тепловых потерь зданий в зимний период эксплуатации. В дальнейшем в рамках изучаемой же дисциплины «Основы технической эксплуатации зданий и сооружений» исходные теплотехнические данные можно дополнить сведениями из строительной климатологии и по тепловым насосам, привязав тем самым проект к конкретной географической точке РФ и к конкретному энергосберегающему оборудованию. Таким образом, (без уточнения деталей) может быть сформирована база исходных данных по выполнению курсовой работы.

Далее рассмотрим два, в определенной степени альтернативных сценариев ее выполнения.

Рассмотрим вариант автономного выполнения курсовой работы в программе Revit-2017 с учетом привязки этой программы к дополнительной надстройке, полностью выполняющей расчет энергопотребления. Данный вариант

имеет как достоинства, так и недостатки. К достоинству следует отнести полное погружение студентов в универсальный программный продукт, не требующий применения средств, выходящих из линейки продуктов Autodesk. Однако для осуществления такого подхода необходим дополнительный программный ресурс, осуществляющий, так называемые, облачные вычисления [10], что потребует дополнительных затрат, связанных с подпиской на данный ресурс и увеличением трафика передачи информации через сеть. С другой стороны имеется и более существенное обстоятельство, каковым является то, что при анализе решения может возникнуть и вопрос, а будут ли эти вычисления соответствовать проекту стандарта по BIM-технологиям [11]. Очевидно, что до появления утвержденного стандарта предсказать это невозможно. Другой, не менее существенный недостаток связан с тем, что большую часть отчета по энергопотреблению (см. таблицы 1 и 2) составляют данные, связанные с потреблением холода. Очевидно, что для студентов потребуются комментарии по этой части отчета, а для них уже потребуются более всесторонние знания и преподавателя и студентов, как минимум, в области термодинамики. Поэтому нами предлагается создание относительно автономной модели курсовой работы, которая основана на изложенных ранее (см. раздел 3.1) принципах.

Краткая схема реализации второго подхода сводится к следующим процедурам.

- В качестве исходного задания необходимо использовать ранее запроектированное здание.
- Исходные данные дополняются сведениями из строительной климатологии.
- В программе Revit-2017 формируется аналитическая модель энергопотребления
- Сформированную программой Revit-2017 модель, представленную в форме спецификации «Аналитических поверхностей», дополнить необходимыми теплотехническими характеристиками конструкций, которые определяют

аналитические поверхности, и экспортировать в программу электронных таблиц Excel.

- Дополнить таблицу Excel необходимыми ячейками, в которые вносятся расчетные формулы, соответствующие соду правил по тепловой защите зданий.

- При необходимости можно с помощью использования языка программирования Visual Basic написать макрос, позволяющий предельно полно автоматизировать процесс расчета энергопотребления, основанный на синтезе программ Revit-2017 и Excel.

Пример формы запроса на экспорт спецификации показан на рисунке 22

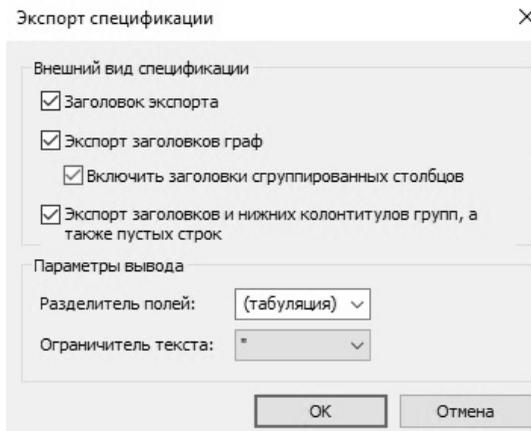


Рисунок 22 Диалоговое окно для формирования экспорта спецификации

В соответствие с представленными на рисунке 22 данными формируется текстовый файл экспортируемой спецификации, представленный следующими строками.

```
"Аналитические поверхности"  
"Площадь" "Число" "Тип проема" "Тип поверхности"  
"" "" "" ""  
"4 м²" "3" "Воздух" ""  
"161 м²" "49" "Глухое окно" ""  
"27 м²" "13" "Нераздвижная дверь" ""  
"60 м²" "8" "Открываемое окно" ""
```

"2 м²"	"2"	"Открываемый световой люк""
"92 м²"	"17"	"Внутренний пол"
"240 м²"	"54"	"Внутренняя стена"
"214 м²"	"16"	"Крыша"
"76 м²"	"1"	"Наклонное перекрытие"
"139 м²"	"18"	"Наружная стена"
"1 м²"	"1"	"Потолок"
"960 м²"	"56"	"Ставня"
"101 м²"	"7"	"Фальшпол"
"2078 м²"	""	""

Программными средствами данный файл может быть переведен в соответствующую табличную форму.

Литература

1. Болотин, С. А. Конвергенция организационно-технологического и архитектурно-строительного проектирования ориентированного на энергоресурсосбережение при строительстве и эксплуатации зданий : монография / под общей редакцией профессора С. А. Болотина, А. Х. Дадар. – Санкт-Петербург : СПб ГАСУ, 2010. – 192 с. – Текст : непосредственный.
2. Болотин, С. А. Имитация календарного планирования в программах информационного моделирования зданий и регрессионная детализация норм продолжительности строительства / С. А. Болотин, А. Х. Дадар И. С. Птухина. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. - 2011. - №7. - С. 82-86.
3. Болотин, С. А. Основы методологии совместного архитектурно-строительного, организационно-технологического и энергоресурсосберегающего проектирования / С. А. Болотин. – Текст : непосредственный // Вестник СПбГАСУ. - 2012. - №1. - С. 143-148.
4. Болотин, С. А. Совершенствование организации ресурсосберегающего проектирования в строительстве на основе информационного моделирования / С. А. Болотин, А. И. Гуринов, А. Х. Дадар, З. Х. Оолакай. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2013. - № 1 (649). - С. 113-118.
5. Болотин, С. А. Оценка энергоэффективности архитектурно-строительных решений начального этапа проектирования в программе RevitArchitecture / С. А. Болотин, А. И. Гуринов, А. Х. Дадар, З. Х. Оолакай. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – 2013. - №8. - С. 64-73.
6. СП 23-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий. – URL: http://проектируй.рф/wp-content/uploads/2015/12/sp_23-101-2004.pdf (дата обращения: 25.05.2020). - Текст : электронный.
7. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. – URL: https://nostroy.ru/nostroy_archive/nostroy/698304440-

- SP%20131.13330.2012(dlya%20oznakomleniya).pdf (дата обращения: 25.05.2020). – Текст : электронный.
8. Булгаков, С. Н. Энергоэкономичные ширококорпусные дома XXI века / С. Н. Булгаков, А. И. Виноградов, В. В. Леонтьев. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 2000. – 296 с. - Текст : непосредственный.
9. СП 54.13330.2011 Жилые здания многоквартирные. – URL: <https://www.dostupnigorod.ru/wp-content/uploads/2015/11/sp-54.13330.2011.pdf> (дата обращения: 25.05.2020). - Текст : электронный.
10. Более лучшее представление здания. – URL: www.insight360.autodesk.com (дата обращения: 25.05.2020). – Текст : электронный.
11. Свод правил «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами». – Москва : Стандартиформ, 2018. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/555664724> (дата обращения: 25.05.2020). - Текст : электронный.

Учебное издание

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ**

Учебно-методическое пособие

Составители

**Дадар Алдын-Кыс Хунаевна, Куулар Чинчи Шаалыовна,
Сандан Руслан Николаевич**

Редактор А.Р. Норбу

Дизайн обложки К.К. Сарыглар

Сдано в набор: 18.06.2020. Подписано в печать: 23.09.2020.

Формат бумаги 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Физ. печ. л. 4,8. Усл. печ. л. 4,4. Заказ № 1637. Тираж 50 экз.

667000, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Ленина, 36
Тувинский государственный университет
Издательство ТувГУ