Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 4 (31). 2015. 232-247

Construction of Unique Buildings and Structures

journal homepage: www.unistroy.spb.ru

Проект здания с низким потреблением тепловой энергии на отопление

А.С. Горшков[1], **К.М. Ракова**[2], **Т.А. Мусорина**[3], **Д.Н. Цейтин**[4], **К.Н. Агишев**[5]

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 614.253

Научная статья

История

Подана в редакцию 9 ноября 2014
Принята 18 мая 2015

Ключевые слова

жилой дом,
проектирование,
тепловая энергия,
здания с пассивным энергопотреблением,
здания с потреблением энергии близким к нулевому,
теплоизоляция,
тепловой насос,
энергосбережение,
энергетическая эффективность

АННОТАЦИЯ

В связи с глобальными процессами изменения климата возникла острая необходимость в сокращении эмиссий углекислого газа в атмосферу. Проблема повышения энергетической эффективности жилого сектора становится все более актуальной. Тенденция на переход к строительству зданий с низким уровнем энергопотребления уже в ближайшей перспективе станет прикладной задачей исследований в области проектирования и строительства. Объектом настоящего исследования является проект здания с потреблением энергии, близким к нулевому, которое планируется возвести на территории Политехнического университета.

Содержание

1. Введение 233
2. Актуальность исследования 233
3. Объект исследования 234
3.1. Архитектурно-планировочные и объемно-пространственные решения 235
3.2 Конструктивные решения, теплоизоляция 238
3.3. Оптимизация технических решений инженерных систем 239
3.3.1. Теплоснабжение 240
3.3.2. Система вентиляции 241
3.3.3. Система кондиционирования 241
3.3.4. Управление системами отопления и кондиционирования 242

1 *Контактный автор:*
+7 (921) 388 4315, alsgor@yandex.ru (Горшков Александр Сергеевич, к.т.н., доцент)
2 +7 (905) 276 5963, p4uik@mail.ru (Ракова Ксения Михайловна, инженер)
3 +7 (952) 286 0376, flamingo-93@mail.ru (Мусорина Татьяна Александровна, студент)
4 +7 (921) 909 5171, dm.inco@gmail.com (Цейтин Дмитрий Николаевич, заведующий лабораторией)
5 +7(911)0204184, kamil_agishev@mail.ru (Агишев Камиль Наилевич, студент)

1. Введение

В настоящее время в научной среде практически не осталось сомнений по поводу процессов глобального потепления климата на Земле [1-5]. Это подтверждается, в том числе, изменениями в нормативной документации. Так в актуализированной версии стандарта СП 131.13330 по строительной климатологии, по сравнению с предыдущей редакцией данного стандарта (СНиП 23-01-99*. "Строительная климатология") для большого количества населенных пунктов, включая Москву и Санкт-Петербург, расчетные параметры климата были пересмотрены в сторону повышения расчетных температур наружного воздуха и уменьшения продолжительности отопительного периода [6]. Споры среди специалистов вызывают только причины глобального изменения климата на планете Земля.

В истории нашей планеты периодически изменения климата случались и ранее, однако, впервые эти изменения связывают с деятельностью человека [7-12]. Углекислый газ (CO_2), выделяемый при сгорании ископаемого топлива, изменяет состав нашей атмосферы. Бесконтрольное использование ископаемой энергии ведет к истощению мировых запасов невозобновляемых видов энергоносителей.

Область, где можно резко снизить объемы потребляемого топлива и, как следствие, расход энергии, а также объемы выбросов в атмосферу – это жилой фонд, который по различным оценкам потребляет от 30 до 40 % всех энергоресурсов [13-15]. Для этого достаточно повысить нормативные требования к уровню теплоизоляции [16], улучшить степень автоматизации зданий при регулировке параметров теплоносителя на вводе в здание, установить системы утилизации тепла вытяжного воздуха [17] и более эффективные отопительные системы.

В будущем, для уменьшения объемов выбросов диоксида углерода в атмосферу планеты и защиты окружающей среды, человечество будет вынуждено обходиться намного меньшим количеством энергии для отопления, чем оно использует его до сих пор. Если к этому добавить, что запасы невозобновляемых энергоносителей являются исчерпаемыми, то следует признать, что основная характеристика зданий будущего – это ультранизкое энергопотребление и даже потребление энергии, близкое к нулевому. В то время как существующие здания старой постройки расходуют на отопление от 200 до 400 кВт·ч/(м²·год) тепловой энергии, потребность в отопительной энергии для зданий будущего поколения составит от 20 до 50 кВт·ч/м^2. И многие страны уже сегодня устанавливают подобные нормативы энергопотребления [18].

Первый опыт строительства зданий с ультранизким потреблением энергии провел немецкий исследователь Вольфганг Фейст (WolfgangFeist) из института «InstitutfurWohnenundUmwelt»и шведский профессор Бо Адамсон из «LundUniversity» предложили концепцию строительства энергопассивных домов [19].

В 1990 году в Германии в г. Дармштадт, было завершено строительство первого дома, положившего начало развитию новой технологии строительства энергопассивных зданий. Опыт оказался успешным, и с целью проведения дальнейшей исследовательской разработки, в 1996 году доктором Фейстом в Дармштаде был основан Институт пассивного дома (PassivhausInstitut) [20]. За 17 лет работы института построено примерно 15 тысяч зданий, которые соответствуют определению пассивного дома [21].

2. Актуальность исследования

1.1. Актуальность исследования

Разработки в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий в нашей стране осуществляются, как на федеральном, так и на региональном уровне. Среди видных специалистов в этой области следует выделить Аверьянова В.К., Васильева Г.П., Личмана В.А., Соколова Н.А., Ливчака В.И. и многих других. Основными законодательными актами Российской Федерации в области энергосбережения являются:

- Указ Президента Российской Федерации от 04 июня 2008 г. N 889;
- Федеральный Закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N261-ФЗ;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. N 18.

На региональном уровне также разрабатываются программы и методические документы. В Санкт-Петербурге Комитетом по строительству совместно с профильными научно-исследовательскими и образовательными организациями разработан региональный методический документ (далее – РМД) «Рекомендаций по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий» [22], в котором приведены основные архитектурно-планировочные, объемно-пространственные,

градостроительные, конструктивные и инженерно-технические мероприятия, направленные на комплексную экономию энергоресурсов [23].

На сегодняшний день в России нет ни одного здания с ультранизким потреблением энергии, пассивным энергопотреблением (типа Passive House) или с низким потреблением тепловой энергии на отопление с целевым показателем - не более 30 кВт*ч/м^{2}год. Есть несколько объектов с низким энергопотреблением, например, энергоэффективный дом, построенный в г. Москве в мкр. Никулино-2, «Зеленый» дом, построенный недалеко от Москвы, годовой уровень удельного потребления тепловой энергии в которых составляет около 50 кВт·ч/(м^2·год) [24].

1.2. Перспективы строительства здания с низким энергопотреблением в России

Большинство существующих в России зданий по меркам европейских требований имеют низкую энергетическую эффективность. Этому способствуют три основных обстоятельства:

- более холодные климатические условия большей части территории России по сравнению с европейскими странами;
- более низкие нормативные требования к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций;
- более низкие нормативные требования к уровню потребления тепловой энергии в зданиях.

Удельное энергопотребление двух абсолютно идентичных зданий, построенных в разных климатических зонах, может значительно отличаться только в силу различия градусо-суток отопительного периода. Для большинства населенных пунктов России климат является более холодным по сравнению с западными европейскими соседями.

Для компенсации этих дополнительных потерь, обусловленных климатическими особенностями нашей страны, было бы уместно предположить необходимость введения на территории РФ более высоких нормативных требований по теплоизоляции или утилизации тепла вытяжного воздуха. Но и в этом отношении мы отстаем от наших западных соседей, например, от скандинавских стран. При сходных климатических условиях нормативные требования к уровню теплоизоляции в Финляндии в 2,5-3 раза выше, чем в Северо-Западном регионе РФ [25].

Сдерживающим фактором является сложившееся предубеждение о дороговизне строительства энергоэффективных домов. Расчеты показывают, что стоимость постройки 1м^2 энергоэффективного дома всего на 8-10% больше средних показателей стоимость строительства обычного (стандартного) здания. При этом дополнительные затраты окупаются в пределах 10-20 лет из-за уменьшения эксплуатационных издержек, например, в результате сокращения потерь тепла через стены после их утепления [26, 27]. Здание продолжает эксплуатироваться и по истечении этих 10-20 лет.

Проведенный анализ отечественной и зарубежной литературы, опыта проектирования строительства и эксплуатации свидетельствует о технической возможности и экономической целесообразности создания энергоэффективных зданий. Максимальный эффект энергосбережения может быть достигнут при комплексном рассмотрении градостроительных, объемно-планировочных, инженерных и конструктивных решений, а также использования нетрадиционных для отечественной практики инженерно-технических систем энергоснабжения [28].

3. Объект исследования

Объектом исследования является проект здания с низким потреблением тепловой энергии на отопление, которое планируется построить на территории Политехнического университета [29, 30]. После сдачи объекта в эксплуатацию, в здании планируется разместить лабораторию энергосберегающих и инновационных технологий в строительстве. На протяжении всего этапа эксплуатации будет осуществляться энергетический мониторинг здания, оценка теплофизических характеристик его ограждающих конструкций, определение фактических показателей его энергопотребления. Для этого здание будет оборудовано современными измерительными комплексами и системами.2.3.1.

3.1.Архитектурно-планировочные и объемно-пространственные решения

Объемно-планировочные и конструктивные решения имеют существенное влияние на энергопотребление здания. Выбор оптимальной формы здания, его ориентации, расположения, назначение площадей световых проемов, управление фильтрационными процессами позволяют уменьшить негативное теплоэнергетическое воздействие наружного климата на тепловой баланс здания.

Для постройки здания ZEB на территории Политехнического университета с точки зрения обеспечения оптимальных архитектурно-планировочных решений, было выбрано неудачное месторасположение. Под застройку был выделен участок, расположенный в углу, образованным двумя смежными корпусами и двухэтажной пристройкой лаборатории гидравлики (рис. 1). Ввиду этого потенциал для инсоляции помещений будущего здания будет в значительной степени сокращен.

С целью определения оптимальной ориентации здания для максимального использования возможностей дневной инсоляции помещений и сокращения тем самым затрат на освещение помещений в дневное время эксплуатации, в период с 1 декабря 2013 года по 31 января 2014 года, была определена степень освещенности участка на месте предполагаемого строительства по восьми румбам. Максимальная освещенность фасадов дневным светом будет наблюдаться при ориентации фасадов на корпус лаборатории (№3). С учетом этого обстоятельства была выбрана следующая архитектурная концепция (рис. 2), в которой основной зона светопрозрачных ограждающих конструкций была ориентирована на направление максимальной освещенности фасадов. В зоне максимальной освещенности и остекленности фасадов, на втором этаже, было сформировано основное рабочее пространство. Второй этаж представляет собой open space зону с хорошо просматриваемым пространством первого этажа с целью постоянного контроля работы оборудования, расположенного здесь. Такая организация помещений достигнута за счет использования «второго света».

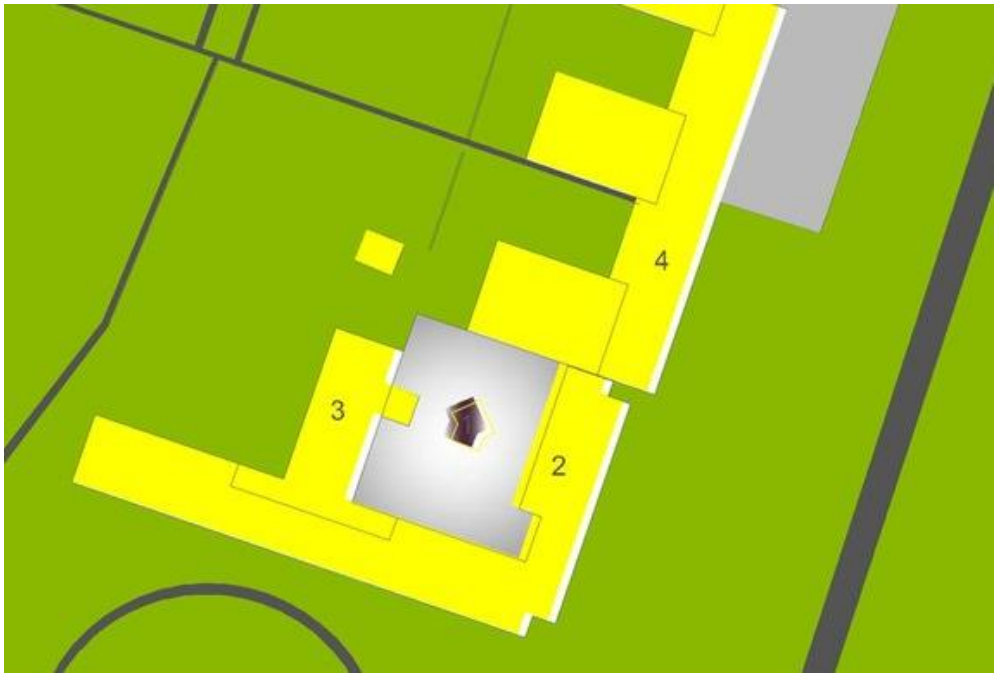

Рисунок 1 – Здание ZEB на плане участка под застройку:
1 – здание ZEB; 2 – гидрокорпус; 3 – лаборатория кафедры гидравлики; 4 - Гидрокорпус-II

Горшков А.С., Ракова К.М., Мусорина Т.А., Цейтин Д.Н., Агишев К.Н. Проект здания с низким потреблением тепловой энергии на отопление. /
Gorshkov A.S., Rakova X.M., Musorina T.A., Tseytin D.N., Agishev K.N. Building project with low consumption of thermal energy for heating ©

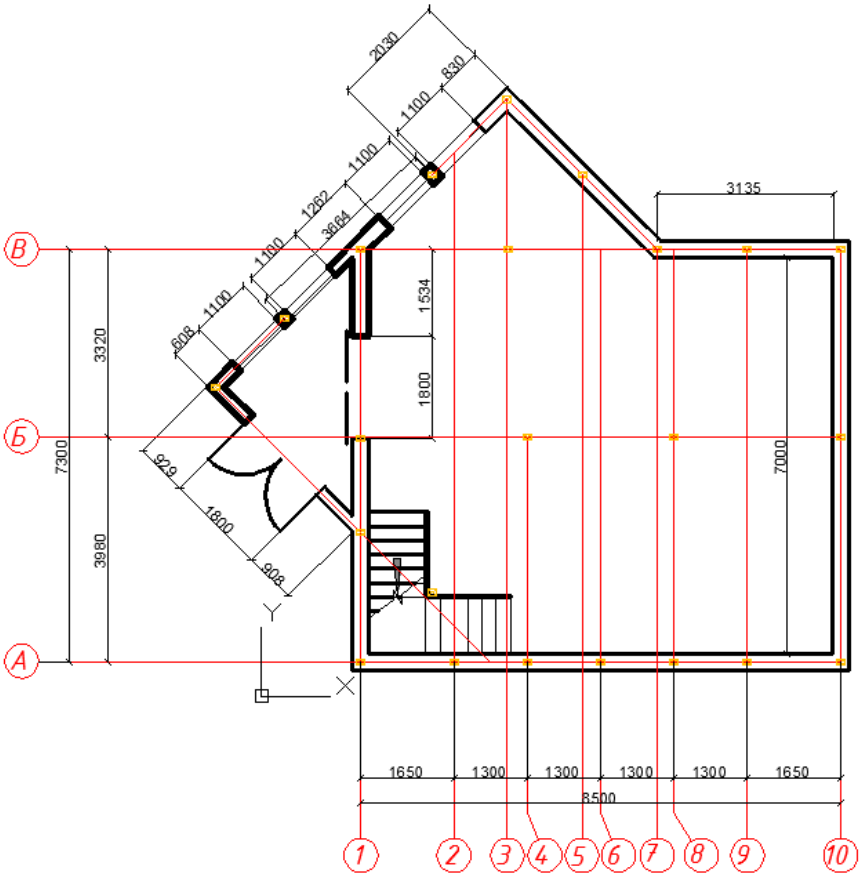

Рисунок 1.2. План первого этажа

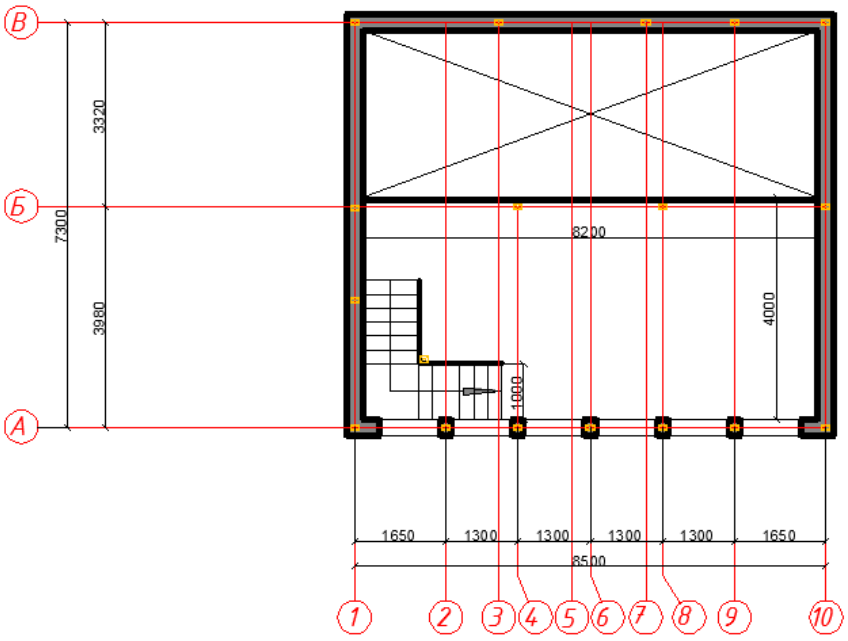

Рисунок 1.3. План второго этажа

Рисунок 2. Архитектурная концепция здания ZEB

В плане здание представляет собой два пересекающихся квадрата. Такое решение было принято исходя из необходимости наличия тамбура при входе – во-первых, и во-вторых для устройства дополнительных светопрозрачных конструкций на первом этаже здания.

Северо-западный фасад дополняет деревянная пергола с вьющимися растениями, над которой предполагается сделать витражное остекление. Пергола в летнее время будет создавать естественную тень, и служить беседкой. Кровля односкатная – что позволяет уменьшить влияние мостиков холода в составе покрытия.

Также предусмотрены следующие архитектурные приемы, повышающие энергетическую эффективность проектируемого здания:

- максимальное остекление северо-западных фасадов и глухие стены на малоосвещенных сторонах света (согласно результатам измерений);
- сокращение площади наружных ограждающих конструкций путем уменьшения периметра наружных стен за счет отказа от изрезанности фасадов, выступов, западов и иных «архитектурных проемов».

Таким образом, была выбрана оптимальная форма здания, характеризующаяся пониженным коэффициентом компактности равному и обеспечивающаяся минимальными теплопотерями в зимний период и минимальное теплопоступление в летний период года (рисунок 3). Коэффициент компактности меньше 1.

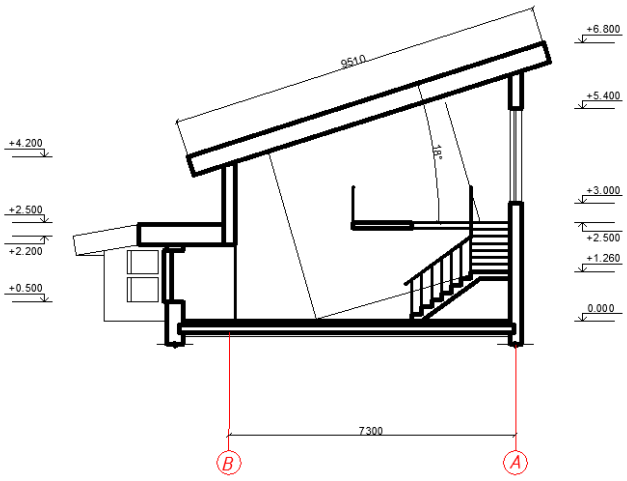

Рисунок 3. Разрез здания ZEB

Здание запроектировано в современном стиле с элементами модерна – попытка на небольшой площади повторить стилистику «Дома Хоука» американского архитектора Джефа Ковеля [31]. Такая архитектура наиболее гармонично вписывается в предложенную территорию и не спорит со зданиями учебных корпусов.

Для данного проекта также была разработана условная схема благоустройства (рисунок 4). Основные осевые линии, проходящие через участок, впишутся в основную концепцию Политехнического городка, являющегося исторически сложившейся структурой. Особое внимание уделено озеленению территорий, что должно обеспечить необходимый уровень шумопоглощения и поддержку здоровой экологической среды.

Рисунок 4. Благоустройство территории вокруг здания ZEB

3.2 Конструктивные решения, теплоизоляция

Основными требованиями к конструктивной части здания являются следующие:

- высокий уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций (с коэффициентом теплопередаче U: стен – не более 0,09 Вт/(м^2·К), покрытия – не более 0,07 Вт/(м^2·К), пола – не более 0,09 Вт/(м^2·К);
- максимальное исключение «мостиков холода» в узлах и примыканиях выбранных конструктивных решений;
- установка энергоэффективных светопрозрачных ограждающих конструкций с низкоэмиссионным покрытием стекла (с коэффициентом теплопередаче U ≤ 1 Вт/ м^2·К);
- высокая герметичность наружных ограждающих конструкций (n_{50} < 1 ч$^{-1}$);
- надежная система теплоизоляции, обеспечивающая герметизацию стыковых соединений, а также швов наружных ограждающих конструкций и элементов в течение всего срока эксплуатации здания (более 30 лет) [32-34].

Зазоры величиной 10-15 мм между стойками каркаса (стропильными балками в конструкции покрытия) и теплоизоляционными плитами из пенополиуретана заполняются однокомпонентной полиуретановой пеной. Теплоизоляция выполняется в два слоя. Один слой теплоизоляции выполняется сплошным, стыки плит при этом также заполняются полиуретановой пеной. Принятое конструктивное решение с одной стороны обеспечивает требуемую герметичность оболочки, с другой – устраняет сквозные «мостики холода», которыми в данном случае выступают стойки каркаса (в конструкции наружных стен) и стропильные балки (в конструкции покрытия) здания.

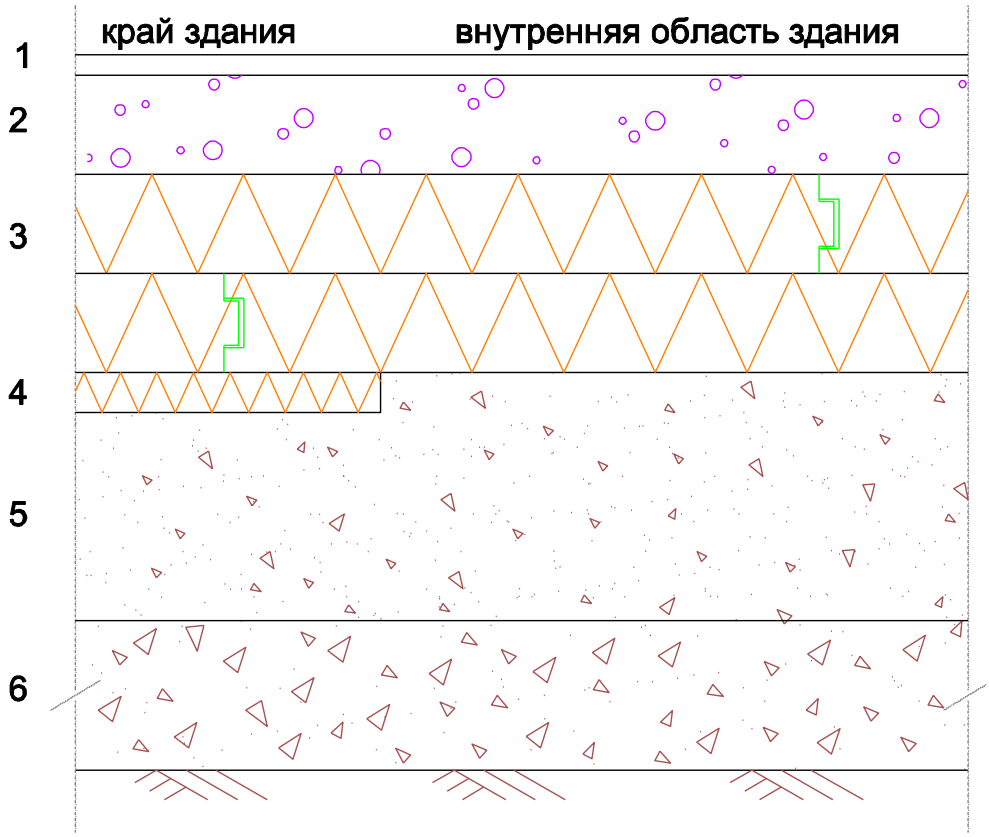

Рисунок 7. Разрез пола здания ZEB:
1 – напольное покрытие; 2 – стяжка пола; 3 – плиты SPU AL 100 + 100 мм; 4 – Плиты SPU AL 40; 5 – фундаментная плита; 6 – гравийная засыпка

Как следует из решения, представленного на рисунке 7, в краевой зоне по периметру здания устраивается дополнительный слой теплоизоляции толщиной 40 мм. Его устройство обусловлено тем, что в краевой зоне здания наблюдаются наибольшие потери тепла по сравнению с внутренней частью площади пола. Обусловлено это тем, что температура грунта под фундаментом повышается по мере продвижения от края здания к центральной его части. Ширина краевой зоны с дополнительным утеплением по периметру здания должна составлять 1 метр.

3.3. Оптимизация технических решений инженерных систем

Проектные решения должны обеспечивать управление и мониторинг оборудования здания в рамках интегрированной среды, с использованием современных решений в сфере информационных технологий, средств автоматизации, цифровых аудио- и видеосистем, инженерного оборудования.

Инженерные системы здания, которые должны быть интегрированы в единую систему управления и мониторинга:

- отопления;
- вентиляции;
- кондиционирование;
- теплоснабжения;
- электроснабжения;
- электроосвещения, включая автоматическое и автоматизированное управление освещением;
- противопожарной защиты;
- видеонаблюдения;
- телекоммуникаций (телефон, локальная сеть здания с выходом в глобальные сети, телевидение).

Управление системами отопления, вентиляции, освещения, охраны обеспечивают контроллеры. Принципиальная схема подключения контроллера представлена на рисунок 8.

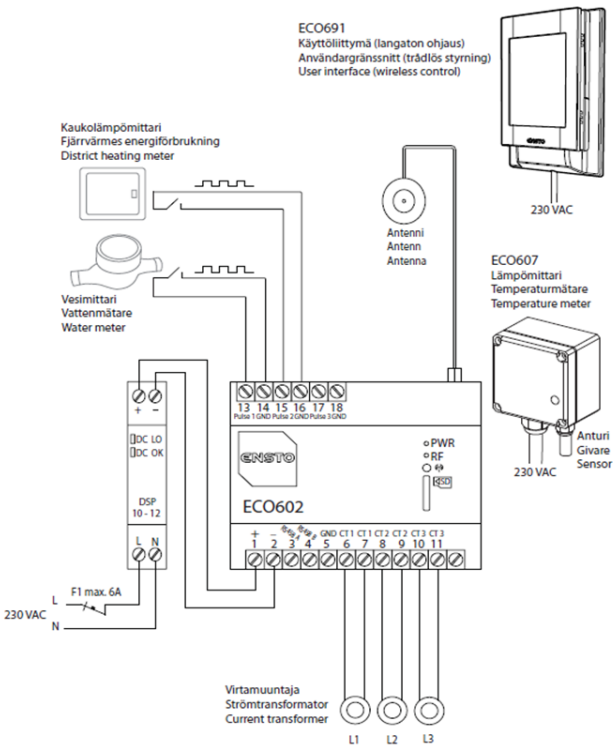

Рисунок 8. Принципиальная схема подключения контроллера

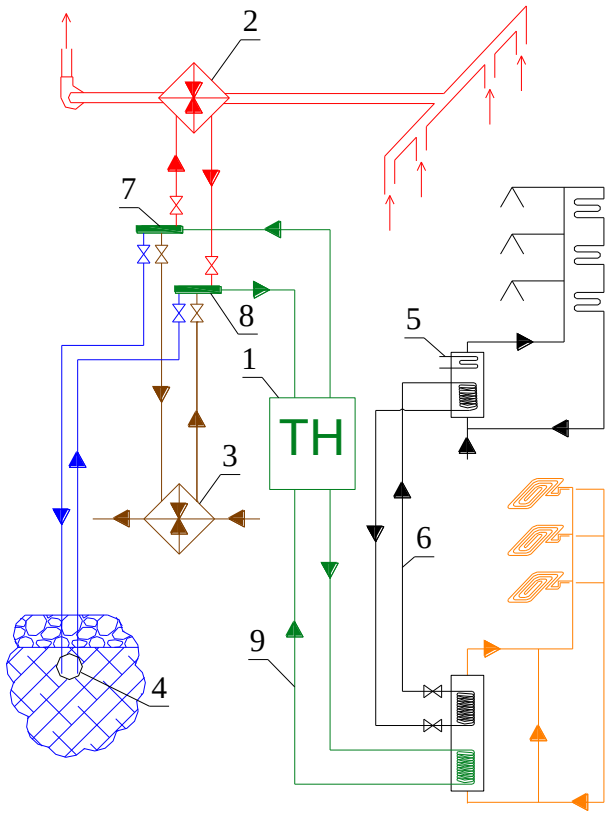

Рисунок 9. Принципиальная схема (избыточная) теплонасосной системы теплоснабжения здания с использование собственных ИНТ [22]:
1 – тепловой насос; 2, 3, 4 – теплообменники системы теплосбора (соответственно, удаляемого вентиляционного воздуха, условно чистых сточных вод, грунта); 5 – дублирующий источник теплоты (догреватель) ГВС; 6 – промежуточный контур ГВС; 7, 8 – коллекторы (гребенки) первого контура ТНУ; 9 – второй контур ТНУ.

Показатели надежности системы достигаются комплексом организационно-технических мер, обеспечивающих доступность ресурсов, их управляемость и удобство обслуживания.

Организационные меры по обеспечению надежности направлены на минимизацию ошибок персонала службы эксплуатации и проведении работ по обслуживанию комплекса технических средств системы, минимизацию времени ремонта или замены вышедших из строя компонентов.

В проекте предусмотрены распределительные приборы управления (выключатели, регуляторы), позволяющие пользователям управлять внутридомовыми системами, получать аварийные и информационные сообщения.

3.3.1. Теплоснабжение

В качестве источников теплоснабжения следует предусмотреть альтернативные (грунтовый тепловой насос, принципиальная схема представлена на рисунке 9). Извлечение тепла – из скважин, пробуренных в грунте на глубину 100 – 150 м.

Регулирование температуры теплоносителя должно осуществляться в соответствии с температурным графиком, в зависимости от температуры наружного воздуха. Циркуляционные насосы систем отопления и теплоснабжения предусмотрены с частотным регулированием.

Контроль и мониторинг системы отопления включает:

- дистанционную передачу данных;
- возможность дистанционно изменять настройки отопительной системы (настройки режимов работы, временных программ и кривых отопления);
- быстрое и подробное информирование о возникших неисправностях в форме электронного сообщения или SMS-сообщения (уведомление с кодом неисправности).

В здании предусмотрен узел учета тепловой энергии. В случаях достижения минимально заданной температуры внутреннего воздуха в здании должно осуществляться аварийное оповещение персонала.

3.3.2. Система вентиляции

В проекте предусмотрена схема с регулируемой приточно-вытяжной механической вентиляцией помещений с утилизацией теплоты грунта и вытяжного воздуха (рисунок 10).

Система вентиляции оборудована датчиками CO_2 (двуокиси углерода) и RH (влажности) внутреннего воздуха в помещениях (помещении) здания.

Кратность воздухообмена в рабочее время при наличии персонала предусмотрена в размере: 0,5÷1 $ч^{-1}$.

В зимний период, при необходимости догрева приточного воздуха до $t_в$=18-19°С в качестве источника тепла следует использовать теплоноситель геотермального теплового насоса (системы теплых полов).

Рисунок 10. Принципиальная схема вентиляционной установки с геотермальным тепловым насосом

3.3.3. Система кондиционирования

Система кондиционирования помещений здания в теплый период эксплуатации должна быть комбинирована со схемой вентиляции, представленной на рисунке 10 (отдавать тепло в летний режим эксплуатации обратно в грунт).

Система кондиционирования должна удовлетворять следующим требованиям:

- низкое энергопотребление;
- высокая надежность;
- удобство управления.

3.3.4. Управление системами отопления и кондиционирования

В зимнее время нагрев приточного воздуха осуществляется за счет работы роторного рекуператора и водяного калорифера (30/20, 35/25 или 60/40). В летнее время – охлаждение по схеме «фрикулинга», тепло приточного воздуха утилизируется в грунтовый контур.

Централизованное управление системами отопления и кондиционирования включает в себя следующие функции мониторинга и управления:

- текущее состояние, включение/отключение отдельного блока /группы/ зоны;
- режим работы: нагрев/ охлаждение/ вентиляция/ авто;
- установленная температура;
- загрязненность фильтра;
- неисправности и ошибки связи,код ошибки;
- блокировка ПУ (вкл/выкл, режима работы, температуры).

Централизованно и дистанционно предусмотрены следующие настройки:

- возможность ночного снижения температуры внутреннего воздуха в помещениях до 17 °С;
- таймер с программированием на неделю для автоматического снижения температуры;
- защита от замерзания;
- функции «Home» (нормальный режим), «Away» (режим непродолжительного отсутствия), «Long away» (режим длительного отсутствия), «Boosting» (режим ускорения), Night Cooling (режим охлаждения за счет прохладного наружного воздуха).

Литература

[1]. Energy-efficient technologies in the construction of school in hot climates / Fidrikova A.S., Grishina O.S., Marichev A.P., Rakova X.M. // Applied Mechanics and Materials.2014 №. 587-589. Pp. 287-293.

[2]. Gaevskaya Z.A., Rakova X.M. Modern building materials and the concept of "sustainability project" // Advanced Materials Research. 2014. № 941-944. Pp. 825-830.

[3]. Bolshakov N.S., Krivoy S.A., Rakova X.M. The "comfort in all respects" principle implementation by the example of an elementary school // Advanced Materials Research. 2014. № 941-944. Pp. 895-900.

[4]. Горшков А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1. С. 9-13.

[5]. Renewable energy sources used to supply pre-school facilities with energy in different weather conditions / Alihodzic R., Murgul V., Vatin N., Aronova E., Nikolić V., Tanić M., Stanković D. // Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 624. С. 604-612.

[6]. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory // Energy Procedia.2012. No. 17(A) pp. 227–232.

[7]. Габриэль И. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома: Пер. с нем./И. Габриэль, Х. Ладнер. -СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 480 с.

[8]. Горшков А. С., Байкова С. А., Крянев А. С. Нормативное и законодательное обеспечение государственной программы об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и пример ее реализации на региональном уровне//Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. 2012. № 3. С. 24.

[9]. Serra V., Zanghirella F., Perino M. Experimental evaluation of a climate facade: energy efficiency and thermal comfort performance // Energy and Buildings. 2010. No. 42(1). pp. 50-62.

[10]. Гертис К. Здания XXI века -здания с нулевым потреблением энергии//Энергосбережение. 2007. № 3. С. 36-47.

[11]. Горшков А. С. Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натурных испытаний//Строительные материалы. 2009. № 8. С. 12-17.

[12]. Orr H., J. Wang, D. Fetsch, R. Dumont. Technical note: Airtightness of older-generation energy-efficient houses in Saskatoon//Journal of Building Physics. 2013. Vol. 36. Pp. 294-307.

[13]. Gonzalez, M., Machado, R., Gonzalez, J. Fatigue analysis of PE-100 pipe under axial loading//American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP 6 (PARTS A AND B). 2011. pp. 905-911.

[14]. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8 (34). С. 4-14.

[15]. Горшков А.С. Принципы энергосбережения в зданиях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 7 (186). С. 26-35.

[16]. Сормунен П. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 7-8.

[17]. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation//Building and Environment. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.

[18]. Tenpieric M., Van der Spoel W., Cauberg H. An analytical model for calculating thermal bridge effects in high performance building enclosure//Journal of Building Physics. 2008. Vol. 31. Pp. 361-387.

[19]. Survey of water main failures in the United States and Canada/Folkman, S., Rice, J., Sorenson, A., Braithwaite, N.//Journal -American Water Works Association. 2012, 104 (10), pp. 70-79.

[20]. РМД 23-16-2012 Санкт-Петербург. Рекомендации по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий.

[21]. Региональная концепция обеспечения энергетической эффективности жилых и общественных зданий / Аверьянов В.К., Байкова С.А., Горшков А.С., Гришкевич А.В., Кочнев А.П., Леонтьев Д.Н., Мележик А.А., Михайлов А.Г., Рымкевич П.П., Тютюнников А.И. // Жилищное строительство. 2012. № 3. С. 2-4.

[22]. Tayfun Uygunoğlua, Ali Keçebaşb. LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks // Energy and Buildings.2011. No. 43(9). pp. 2077–2085.

[23]. Горшков А., Ватин Н., Немова Д. Строительная физика. Энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций по стандартам Финляндии. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2014. 136 с.

[24]. Increase of energy efficiency for educational institution building /Vatin N.I., Nemova D.V., Tarasova D.S., Staritcyna A.A. // Advanced Materials Research. 2014. Т. 953-954. С. 854-870.

[25]. Architectural renovation of quarter in Mannheim, Germany / Petrichenko M., Rakova X., Vyatkin M., Musorina T., Kuznetsova D. // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 725-726. С. 1101-1106.

[26]. Горшков А.С., Немова Д.В., Ватин Н.И. Формула энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 7 (12). С. 49-63.

[27]. Конкурс «Архитектурная концепция здания с нулевым энергопотреблением» / Петров К.В., Следь И.А., Орлов О.А., Рысь И.В., Урустимов А.И. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1. С. 54-61.

[28]. Increase of energy efficiency of the building of kindergarten / Vatin N.I., Nemova D.V., Kazimirova A.S., Gureev K.N. // Advanced Materials Research. 2014. Т. 953-954. С. 1537-1544.

[29]. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior // Energy and Buildings.2012. No. 46. pp.112–122.

[30]. Альбом технических решений по применению теплоизоляционных изделий из пенополиуретана в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий / Горшков А.С., Ватин Н.И., Дацюк Т.А., Безруков А.Ю., Немова Д.В., Какула П., Виитанен А. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 5 (20). С. 71-441.

[31]. Горшков А.С. Инженерные системы. Руководство по проектированию, строительству и реконструкции зданий с низким потреблением энергии на отопление. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 160 с.

[32]. Корниенко С.В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через краевые зоны ограждающих конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 348–351.

[33]. Корниенко С.В. Тестирование метода расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций на результатах натурных измерений параметров микроклимата помещений // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 2 (28). С. 18–23.

[34]. Корниенко С.В. Расчетно-экспериментальный контроль энергосбережения зданий // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 8 (43). С. 24–30.

Building project with low consumption of thermal energy for heating

A.S. Gorshkov[1], **X.M. Rakova**[2], **T.A. Musorina**[3], **D.N. Tseytin**[4], **K.N. Agishev**[5]

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 9 November 2014
Accepted 18 May 2015

Keywords

residential building,
design,
thermal energy,
Passive House;
Zero Energy Building;
insulation;
heat pump;
energy saving;
energy efficiency;

ABSTRACT

Due to the fact of with the global processes of climate change, there is an urgent need to reduce emissions of carbon dioxide into the atmosphere. The area in which it is possible to achieve significant reductions in fuel consumption and, consequently, energy consumption, and emissions of carbon dioxide into the atmosphere - a housing, which according to various estimates consumes 30 to 40% of all types of energy resources. Thus, the problem of improving the energy efficiency of the residential sector became increasingly important. The tendency to move to the constructing of buildings with low energy consumption in the nearest future is going to become the task of Applied Research in the field of design and construction. The object of this study is to design building with energy consumption close to zero, which will be built on the site of the Polytechnic University. The novelty of the project lies in an integrated approach to the design of the house, which will build the facility, is fully autonomous and independent of the urban networks.

[1] *Correspondingauthor:*
+7 (921) 388 4315, alsgor@yandex.ru (Aleksandr Sergeevich Gorshkov, Ph.D., Associate Professor)
[2] +7 (905) 276 5963, p4uik@mail.ru (Xenia Mikhailovna Rakova, Engineer)
[3] +7 (952) 286 0376, flamingo-93@mail.ru (Tatiana Aleksandrovna Musorina, Student)
[4] +7 (921) 909 5171, dm.inco@gmail.com (Dmitry Nikolayevich Tseytin, Head of Hydro Engineering Library)
[5] +7(911)0204184, kamil_agishev@mail.ru (Kamil Nailevich Agishev, Student)

References

[1]. Energy-efficient technologies in the construction of school in hot climates / Fidrikova A.S., Grishina O.S., Marichev A.P., Rakova X.M. // Applied Mechanics and Materials.2014 №. 587-589. Pp. 287-293.

[2]. Gaevskaya Z.A., Rakova X.M. Modern building materials and the concept of "sustainability project" // Advanced Materials Research. 2014. № 941-944. Pp. 825-830.

[3]. Bolshakov N.S., Krivoy S.A., Rakova X.M. The "comfort in all respects" principle implementation by the example of an elementary school // Advanced Materials Research. 2014. № 941-944. Pp. 895-900.

[4]. Gorshkov A.S. Energoeffektivnost v stroitelstve: voprosy normirovaniya i mery po snizheniyu energopotrebleniya zdaniy // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. №1. S. 9-13.

[5]. Renewable energy sources used to supply pre-school facilities with energy in different weather conditions / Alihodzic R., Murgul V., Vatin N., Aronova E., Nikolić V., Tanić M., Stanković D. // Applied Mechanics and Materials. 2014. T. 624. S. 604-612.

[6]. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory // Energy Procedia.2012. No. 17(A) pp. 227–232.

[7]. Gabriel I. Rekonstruktsiya zdaniy po standartam energoeffektivnogo doma: Per. s nem./I. Gabriel, Kh. Ladner. -SPb.: BKhV-Peterburg, 2011. 480 s.

[8]. Gorshkov A. S., Baykova S. A., Kryanev A. S. Normativnoye i zakonodatelnoye obespecheniye gosudarstvennoy programmy ob energosberezhenii i povyshenii energeticheskoy effektivnosti i primer yeye realizatsii na regionalnom urovne//Inzhenernyye sistemy. AVOK Severo-Zapad. 2012. № 3. S. 24.

[9]. Serra V., Zanghirella F., Perino M. Experimental evaluation of a climate facade: energy efficiency and thermal comfort performance // Energy and Buildings. 2010. No. 42(1). pp. 50-62.

[10]. Gertis K. Zdaniya XXI veka -zdaniya s nulevym potrebleniyem energii//Energosberezheniye. 2007. № 3. S. 36-47.

[11]. Gorshkov A. S. Otsenka dolgovechnosti stenovoy konstruktsii na osnovanii laboratornykh i naturnykh ispytaniy//Stroitelnyye materialy. 2009. № 8. S. 12-17.

[12]. H. Orr, J. Wang, D. Fetsch, R. Dumont. Technical note: Airtightness of older-generation energy-efficient houses in Saskatoon//Journal of Building Physics. 2013. Vol. 36. Pp. 294-307.

[13]. Gonzalez, M., Machado, R., Gonzalez, J. Fatigue analysis of PE-100 pipe under axial loading//American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP 6 (PARTS A AND B). 2011. pp. 905-911.

[14]. Vliyaniye urovnya teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruktsiy na velichinu poter teplovoy energii v zdanii / Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2012. № 8 (34). S. 4-14.

[15]. Gorshkov A.S. Printsipy energosberezheniya v zdaniyakh // Stroitelnyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka. 2014. № 7 (186). S. 26-35.

[16]. Sormunen P. Energoeffektivnost zdaniy. Situatsiya v Finlyandii // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. № 1. S. 7-8.

[17]. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation//Building and Environment. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.

[18]. Tenpieric M., Van der Spoel W., Cauberg H. An analytical model for calculating thermal bridge effects in high performance building enclosure//Journal of Building Physics. 2008. Vol. 31. Pp. 361-387.

[19]. Survey of water main failures in the United States and Canada/Folkman, S., Rice, J., Sorenson, A., Braithwaite, N.//Journal -American Water Works Association. 2012, 104 (10), pp. 70-79.

[20]. RMD 23-16-2012 Sankt-Peterburg. Rekomendatsii po obespecheniyu energeticheskoy effektivnosti zhilykh i obshchestvennykh zdaniy.

[21]. Regionalnaya kontseptsiya obespecheniya energeticheskoy effektivnosti zhilykh i obshchestvennykh zdaniy / Averyanov V.K., Baykova S.A., Gorshkov A.S., Grishkevich A.V., Kochnev A.P., Leontyev D.N., Melezhik A.A., Mikhaylov A.G., Rymkevich P.P., Tyutyunnikov A.I. // Zhilishchnoye stroitelstvo. 2012. № 3. S. 2-4.

[22]. Tayfun Uygunoğlua, Ali Keçebaşb. LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks // Energy and Buildings.2011. No. 43(9). pp. 2077–2085.

[23]. Gorshkov A., Vatin N., Nemova D. Stroitelnaya fizika. Energoeffektivnoye proyektirovaniye ograzhdayushchikh konstruktsiy po standartam Finlyandii. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2014. 136 c.

[24]. Increase of energy efficiency for educational institution building /Vatin N.I., Nemova D.V., Tarasova D.S., Staritcyna A.A. // Advanced Materials Research. 2014. T. 953-954. S. 854-870.

[25]. Architectural Renovation of Quarter In Mannheim, Germany / Petrichenko M., Rakova X., Vyatkin M., Musorina T., Kuznetsova D. // Applied Mechanics and Materials. 2015. T. 725-726. S. 1101-1106.

[26]. Gorshkov A.S., Nemova D.V., Vatin N.I. Formula energoeffektivnosti // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 7 (12). S. 49-63.

[27]. Konkurs «Arkhitekturnaya kontseptsiya zdaniya s nulevym energopotrebleniyem» / Petrov K.V., Sled I.A., Orlov O.A., Rys I.V., Urustimov A.I. // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2012. № 1. S. 54-61.

[28]. Increase of energy efficiency of the building of kindergarten / Vatin N.I., Nemova D.V., Kazimirova A.S., Gureev K.N. // Advanced Materials Research. 2014. T. 953-954. S. 1537-1544.

[29]. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior // Energy and Buildings.2012. No. 46. pp.112–122.

[30]. Albom tekhnicheskikh resheniy po primeneniyu teploizolyatsionnykh izdeliy iz penopoliuretana v stroitelstve zhilykh, obshchestvennykh i promyshlennykh zdaniy / Gorshkov A.S., Vatin N.I., Datsyuk T.A., Bezrukov A.Yu., Nemova D.V., Kakula P., Viitanen A. // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2014. № 5 (20). S. 71-441.

[31]. Gorshkov A.S. Inzhenernyye sistemy. Rukovodstvo po proyektirovaniyu, stroitelstvu i rekonstruktsii zdaniy s nizkim potrebleniyem energii na otopleniye. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2013. – 160 s.

[32]. Korniyenko S.V. Povysheniye energoeffektivnosti zdaniy za schet snizheniya teplopoter cherez krayevyye zony ograzhdayushchikh konstruktsiy // Academia. Arkhitektura i stroitelstvo. 2010. № 3. S. 348–351.

[33]. Korniyenko S.V. Testirovaniye metoda rascheta temperaturno-vlazhnostnogo rezhima ograzhdayushchikh konstruktsiy na rezultatakh naturnykh izmereniy parametrov mikroklimata pomeshcheniy // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2012. № 2 (28). S. 18–23.

[34]. Korniyenko S.V. Raschetno-eksperimentalnyy kontrol energosberezheniya zdaniy // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. № 8 (43). S. 24–30.

Горшков А.С., Ракова К.М., Мусорина Т.А., Цейтин Д.Н., Агишев К.Н. Проект здания с низким потреблением тепловой энергии на отопление // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №4(31). С. 232-247.

Gorshkov A.S., Rakova K.M., Musorina T.A., Tseytin D.N., Agishev K.N. Building project with low consumption of thermal energy for heating. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 4(31), Pp. 232-247. (rus)