

УДК 628.8

Направления повышения энергоэффективности зданий и сооружений

Канд. техн. наук **Лысёв В.И.** kafedra-kv@yandex.ru

Шилин А.С. 0346440@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Данная статья посвящена одной из важнейших проблем XXI века – энергоэффективности и энергосбережению зданий и сооружений. Рассматриваемая проблема является многофакторной и включает в себя несколько методов уменьшения затрат ресурсов в системах отопления, вентиляции и кондиционирования: архитектурно-строительные решения, использование возобновляемых источников энергии, оптимизация систем обеспечения микроклимата. В статье проведено сравнение классификаций энергоэффективных зданий в Европе и России, приведены примеры отечественного опыта строительства энергоэффективных зданий, рассмотрены методы повышения энергосбережения посредством комплекса архитектурно-строительных решений, описано использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, приведены методы оптимизации систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений. В статье приводится пример расчета значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию эксплуатируемого здания за отопительный период.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, зеленое строительство, архитектурно-строительные характеристики, теплозащитные свойства ограждающих конструкций, возобновляемые источники энергии, оптимизация систем обеспечения микроклимата.

DOI:10.17586/2310-1148-2017-10-2/3-18-25

The ways to increase energy efficiency of buildings and structures

Ph.D. **Lysev V.I.** kafedra-kv@yandex.ru

Shilin A.S. 0346440@mail.ru

ITMOUniversity

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

This article is focuses on the one of the major problems of the XXI century – energy efficiency and energysaving of buildings and structures. The considered problem is multifactorial and includes several methods of reducing the cost of resources in heating, ventilation and air conditioning systems: architectural and construction solutions, the use of renewable energy, optimization of microclimate systems. The article compares the classifications of energy efficient buildings in Europe and Russia, provides examples of national experience in the construction of energy efficient buildings, describes methods to improve energy saving through set of architectural and construction solutions, describes the use of renewable energy, presents optimization methods of microclimate systems of buildings and structures. The article gives an example of determine the value of the specific characteristics of the thermal energy consumption for heating and ventilation of the operated building during the heating season.

Keywords: energy efficiency, energy saving, green building, architectural and construction characteristics, heat-shielding properties building envelope, renewable energy, optimization of microclimate systems.

Введение

В условиях современного мирового экономического кризиса чрезвычайно актуальной является проблема энергоресурсосбережения и повышения энергоэффективности зданий и сооружений.

Снижение потребления исчерпаемых природных ресурсов, затрачиваемых на системы отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК), является задачей первостепенной важности в виду ограниченности этих ресурсов. В настоящее время в развитых странах Европейского союза перспективным направлением является проектирование и строительство энергоэффективных зданий или, так называемое, «зеленое строительство» [1]. Зеленое строительство – метод проектирования, строительства и эксплуатации зданий, целью которого является снижение энерго- и ресурсопотребление зданий и сооружений при сохранении или повышении комфортных условий микроклимата. К задачам, решаемым посредством зеленого строительства, относятся:

уменьшение негативного воздействия на окружающую среду; сокращение потребления природных ресурсов в процессе эксплуатации зданий; повышение энергетической эффективности зданий и сооружений.

Согласно европейской классификации энергоэффективных зданий [2], здания и сооружения можно разделить на несколько типов, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Классификация зданий и сооружений по уровню годового потребления энергии

Классификация зданий	Годовое потребление энергии, кВт·ч/м ²
Старое здание	300
Новое здание	150
Дом низкого энергопотребления	60
Пассивный дом	15
Дом нулевой энергии	0
Дом плюсовой энергии	Вырабатывает больше энергии, чем потребляет

В соответствии с требованиями Евросоюза, с 2020 года в Европе будет разрешено строительство только тех зданий и сооружений, которые удовлетворяют требованиям энергоэффективности не ниже пассивного дома [3].

В России проектирование и строительство новых зданий и сооружений, а также реконструкция существующих, выполняется на основании требований свода Правил 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [4]. Данный Свод Правил [4] направлен на уменьшение затрат энергии на отопление и вентиляцию зданий и представляет свою классификацию энергосберегающих зданий и сооружений, которая представлена в табл. 2.

Таблица 2

Классы энергосбережения жилых и общественных зданий в зависимости от величины отклонения расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %
A++	Очень высокий	Ниже -60
A+		От -50 до -60 включительно
A		От -40 до -50 включительно
B+	Высокий	От -30 до -40 включительно
B		От -15 до -30 включительно
C+	Нормальный	От -5 до -15 включительно
C		От +5 до -5 включительно
C-		От +15 до +5 включительно
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно
E	Низкий	Более +50

Согласно требованиям свода Правил [4], не допускается проектирование зданий с классом энергосбережения «D» и «E». Однако большинство эксплуатируемых зданий и сооружений были построены по требованиям нормативных документов прежних лет [5] и не соответствуют более «жестким» требованиям действующего норматива [4]. Поэтому для повышения класса энергосбережения необходима реконструкция таких зданий. В данное время в Российской Федерации практически отсутствует такое направление, как «зеленое строительство». В первую очередь это связано с более суровым климатом, действующим на большей территории нашей страны, нежели в странах Европы. На сегодняшний день разработано несколько проектов экспериментальных энергосберегающих жилых домов – энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 в Москве [6], энергоэффективное здание «Экодом Solar-5 во Владивостоке [7], планируется строительство энергоэффективного дома в Санкт-Петербурге [8].

Для достижения повышенной энергетической эффективности зданий и сооружений и снижения потребляемых энергоресурсов в системах жизнеобеспечения зданий возможно использование следующих методов:

- анализ и совершенствование архитектурно-строительных решений;
- использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- оптимизация систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений.

Архитектурно-строительные решения

В целях экономии энергии, расходуемой на системы отопления, вентиляции и кондиционирования, приоритетной задачей является снижение теплоснабжения зданиями и сооружениями. Потери теплоты в холодный период года, в первую очередь, связаны с архитектурно-строительными характеристиками и теплозащитными свойствами ограждающих конструкций зданий. Потери теплоты в холодный период года, связанные с архитектурно-строительными характеристиками здания, можно существенно снизить, так называемыми пассивными способами, а именно [9]: правильной ориентацией зданий с учетом рельефа местности, сторон света, направлением ветров, выбором формы здания. Помимо архитектурно-строительных характеристик, важную роль играют теплозащитные свойства ограждающих конструкций. Основным документом, предъявляющим требования к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций, является Свод Правил 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [4]. Свод Правил предъявляет следующее требование – «приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений». Использование современных материалов наружных ограждающих конструкций, современных материалов утеплителей наружных стен, покрытий и перекрытий, позволяет существенно уменьшить потери теплоты зданий в холодный период года. Помимо материалов сплошных ограждающих конструкций, немаловажную роль в предотвращении потерь теплоты играет остекление, ведь на него приходится значительная часть потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции. Применение стеклопакетов с различным числом камер и заполнением камер различными газами (воздухом, аргоном, криптоном) позволяет существенно уменьшить термическое сопротивление теплопередаче [4] и уменьшить потери теплоты в холодный период года. Однако при этом практически исключается поступление наружного воздуха за счет инфильтрации.

Данное обстоятельство приводит к необходимости использования систем приточной вентиляции для обеспечения жизнедеятельности людей за счет подачи требуемой санитарной нормы расхода наружного воздуха. В качестве примера рассмотрим здание детского сада в г. Санкт-Петербург, построенного по типовому проекту 211-1-400 [10]. План первого этажа детского сада представлен на рис. 1.

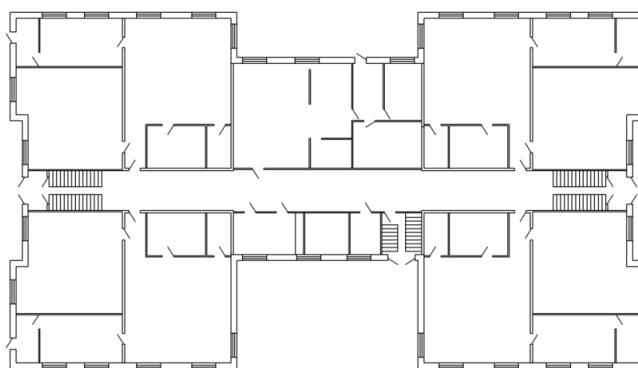


Рис. 1. План первого этажа здания детского сада, построенного по типовому проекту 211-1-400

Данные о климатических характеристиках района строительства представлены в табл. 3.

Таблица 3

Климатические характеристики Санкт-Петербурга согласно данным, представленным в СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [11]

Наименование величины	Санкт-Петербург
Температура наружного воздуха в холодный период года, °С	-24
Средняя температура отопительного периода, °С	-1,3
Продолжительность отопительного периода, сут.	213

Данные о климатические характеристики позволяют определить величину градусо-суток отопительного периода [4]:

$$ГСОП = (t_e - t_{on}) \cdot z_{on} = (20 - (-1,3))213 = 4537 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{сут} \quad (1)$$

где t_b – оптимальная температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях в холодный период года, $t_b = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, согласно ГОСТ 30494-2011 [12]; t_{on} – средняя температура отопительного периода, $^\circ\text{C}$; z_{on} – продолжительность отопительного периода, сут.

Архитектурно-строительные и теплозащитные характеристики здания типового детского сада приведены в табл. 4.

Таблица 4

Архитектурно-строительные и теплозащитные характеристики типового детского сада [10]

Наименование величины	Здание типового детского сада
Общая площадь наружных ограждений, м ²	3094
в том числе: фасадов, м ²	1430
остекления, м ²	352
наружных стен, м ²	1078
покрытия, м ²	832
пола 1-го этажа, м ²	832
Отапливаемый объем здания, м ³	8000
Показатель компактности здания, (1/м)	0,39
Коэффициент остекленности фасада	0,25
Полезная площадь, м ²	2325
Термическое сопротивление теплопередаче остекления, (м ² ·°C)/Вт	0,45
Термическое сопротивление теплопередаче наружных стен, (м ² ·°C)/Вт	1,12
Термическое сопротивление теплопередаче перекрытий, (м ² ·°C)/Вт	1,92
Термическое сопротивление теплопередаче покрытий пола первого этажа, (м ² ·°C)/Вт	1,92

Базовые значения требуемого термического сопротивления наружных ограждающих конструкций детских учреждений приведены в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [4] и представлены в табл. 5.

Таблица 5

Базовые значения требуемого термического сопротивления наружных ограждающих конструкций детских учреждений

Наименование величины	Здание типового детского сада
Термическое сопротивление теплопередаче остекления, (м ² ·°C)/Вт	0,49
Термическое сопротивление наружных стен, (м ² ·°C)/Вт	3
Термическое сопротивление перекрытий, (м ² ·°C)/Вт	4,47
Термическое сопротивление покрытий пола первого этажа, (м ² ·°C)/Вт	4,47

Свод Правил «Тепловая защита зданий» [4] предъявляет следующее требование к теплозащитной оболочке зданий – «приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений».

Сравнив данные, представленные в таблицах 4 и 5, можно сделать вывод о недостаточном термическом сопротивлении теплопередаче наружных ограждающих конструкций, и несоответствии современным

требованиям, предъявляемым действующим Сводом Правил [4]. Уменьшение термического сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций приводит к увеличению удельной теплозащитной характеристики здания $K_{об}$, Вт/(м³·°C), и, как следствие, к увеличению расхода энергоресурсов, необходимых на отопление здания в холодный период года.

Данные об архитектурно-строительных и теплозащитных характеристиках позволяют вычислить величину удельной теплозащитной характеристики здания $K_{об}$:

$$K_{об} = (K_{комп} \cdot K_{общ}), \quad (2)$$

где $K_{комп}$ – показатель компактности здания, 1/м, определяемый по формуле:

$$K_{комп} = \Sigma F / V_{от}, \quad (3)$$

где ΣF – общая (суммарная) площадь внутренних поверхностей всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания м²; $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, м³; $K_{общ}$ – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°C), рассчитываемый по формуле [4]:

$$K_{общ} = \frac{\Sigma(F_{огр}/R_{огр})}{\Sigma F} = \frac{\frac{F_{ст} + F_{ост} + F_{пок} + F_{пола}}{R_{ст} + R_{ост} + R_{пок} + R_{пола}}}{\Sigma F}, \quad (4)$$

где $F_{огр}$ – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²; $R_{огр}$ – приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания, (м²·°C)/Вт.

Проведя расчеты по вышеприведенным формулам (2–4), получим следующие значения:

- показатель компактности здания $K_{комп} = 0,39$ 1/м;
- общий коэффициент теплопередачи здания $K_{общ} = 0,84$ Вт/(м²·°C);
- удельной теплозащитная характеристика здания $K_{об} = 0,33$ Вт/(м³·°C).

Определим требуемое значение удельной теплозащитной характеристики здания в соответствии с требованиями Свода Правил [4]:

$$K_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} = 0,226 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)} \quad (5)$$

Свод Правил [4] предъявляет следующее требование к удельной теплозащитной характеристике здания – «удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения». Сравнив фактическое значение удельной теплозащитной оболочки здания с требуемым, получим величину отклонения $\Delta K_{об} = \left(\frac{K_{об} - K_{об}^{тр}}{K_{об}^{тр}}\right) \cdot 100 = 46 \%$, то есть почти в полтора раза превышающую нормативные требования [4].

Общее фактическое сопротивление теплопередаче здания можно увеличить, последовательно изменяя термические сопротивления отдельных фрагментов теплозащитной оболочки: прежде всего, светопрозрачных ограждений (окон), затем перекрытий и покрытий. Утепление стен снаружи не всегда возможно по архитектурным или иным (например, историческим) причинам [4].

Если рассмотреть требование п. 10.1 Свода Правил [4], где приводится показатель расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания – удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания q , Вт/(м³·°C), то необходимо учитывать как ожидаемые потери теплоты через ограждающие конструкции, так и потребление теплоты на нагрев вентиляционного и инфильтрационного воздуха.

Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий определяется по методике приложения Г [4] и должно быть не более нормируемого значения. Нормируемая (базовая) удельная характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий определяется для различных типов зданий. Согласно данным п. 10.1 Свода Правил [4] для данного объекта эта величина составляет 0,521 Вт/(м³·°C).

Величина удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания q является суммой значений удельной теплозащитной характеристики $K_{об}$ и удельной вентиляционной характеристики $K_{вент}$ здания.

Тогда общие удельные потери теплоты здания за отопительный период можно определить по следующей формуле:

$$q = K_{об} + K_{вент} \quad (6)$$

Установленные Сводом Правил (п. 10.3) классы энергосбережения зданий основаны на проценте отклонения расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой (базовой) величины. При эксплуатации существующих зданий, величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого до +15 % соответствует классу энергосбережения *C* (нормальный).

Для оценки величины удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания необходимо определить значение удельной вентиляционной характеристики $K_{\text{вент}}$ здания. Этот показатель можно вычислить согласно п. Г. 2 [4], при «стандартных» значениях величин в формуле (Г. 2) следующим образом:

$$K_{\text{вент}} = 0,31 \cdot n_g = 0,31 \cdot 0,5 = 0,155 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}), \quad (7)$$

где n_g – кратность воздухообмена здания за отопительный период.

Тогда общие потери теплоты здания за отопительный период составят порядка:

$$q = K_{\text{об}} + K_{\text{вент}} = 0,330 + 0,155 = 0,485 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}) \quad (8)$$

Следовательно, несмотря на несоответствие удельной теплозащитной оболочки нормативному значению, по комплексному показателю – удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, данный объект в части ожидаемого (расчетного) потребления тепловой энергии соответствует требованиям Свода Правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии

Альтернативная энергетика в настоящее время является перспективным направлением, постепенно заменяющая использование углеводородов в развитых странах.

Наиболее популярными источниками альтернативной энергии, используемыми в энергосберегающих домах, являются солнечные батареи и коллекторы, ветряные электростанции и тепловые насосы.

Солнечные батареи и солнечные коллекторы позволяют принимать солнечное излучение и за счет этого вырабатывать электрическую и тепловую энергию. В районах повышенной солнечной радиации и большим количеством дней солнечного сияния, например, на юге России, использование солнечной энергии является целесообразным и позволяет накапливать и использовать электрическую энергию, используемую в системах вентиляции и кондиционирования, посредством солнечных батарей и аккумулировать теплоту, затрачиваемую системами отопления и горячего водоснабжения [13, 14].

Ветроэнергетика является еще одним перспективным направлением обеспечения энергоэффективных зданий энергией [15]. В районах высокой обеспеченности ветра, использование ветрогенераторов позволяет преобразовывать энергию ветра в механическую или электрическую энергию, которую затем можно использовать в системах обеспечения микроклимата. Ветроэнергетика является чрезвычайно популярным направлением в скандинавских странах, центральных и южных районах Европы.

Помимо солнечных батарей и ветрогенераторов, использование тепловых насосов также позволяет использовать возобновляемые источники энергии [16]. Тепловой насос отводит тепловую энергию низкопотенциального источника теплоты (воздуха, воды, грунта) и передает ее потребителю – например, системе отопления или системе горячего водоснабжения.

Комбинация систем, использующих альтернативные источники энергии, позволяет существенно снизить потребление исчерпаемых природных ресурсов или даже вовсе отказаться от них. Использование данных систем при строительстве энергоэффективных зданий и сооружений позволяет достичь стандартов дома с нулевым потреблением энергии, а в некоторых случаях, достичь параметров дома плюсовой энергии [2].

Оптимизация систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений

Помимо архитектурно-строительных решений и использования возобновляемых источников энергии, важнейшей инженерной задачей является оптимизация систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений – систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха – наиболее крупные потребители тепловой энергии, они потребляют до 40 % добываемого в стране твердого и газообразного топлива и до 10 % производимой электрической энергии [17].

В целях экономии ресурсов и повышения энергетической эффективности, в системах вентиляции и кондиционирования воздуха возможно использование следующих методов:

- выбор минимальных и максимальных значений оптимальных параметров микроклимата;
- уменьшение инфильтрации (расхода инфильтрационного воздуха);
- повышение эффективности воздухораспределения в помещениях;
- местное кондиционирование;
- децентрализация систем ОВК;
- зонирование принципиального решения системы по сторонам света;
- использование предварительного нагрева и охлаждения;
- утилизация «сбросных» и природных теплоты и холода;
- «комбинирование» систем обеспечения микроклимата с другими системами;
- совершенствование средств автоматизации технических систем.

Заключение

В виду ограниченности исчерпаемых природных ресурсов и постоянного повышения их стоимости, уменьшение затрат энергоресурсов, разработка, проектирование и строительство энергетически эффективных и энергосберегающих зданий и сооружений является актуальной проблемой. Рассматриваемая проблема является многофакторной и может быть решена следующими методами:

- совершенствование архитектурно-строительных решений зданий и сооружений;
- использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- оптимизация систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений.

Данные методы позволяют значительно сократить потребление теплоты на отопление и вентиляцию зданий и сооружений в холодный период года, повысить их энергетическую эффективность и сократить использование энергоресурсов.

Литература

1. Шилкин Н.В. Энергоэффективные дома Дании / Н.В. Шилкин, А.Е. Насонова // Здания высоких технологий. 2014. Лето. С. 72–78.
2. Бродач М.М. Здание с близким к нулевому энергетическим балансом / М.М. Бродач, В.И. Ливчак // АВОК. 2011. № 5.
3. О планах повышения энергоэффективности зданий в Евросоюзе и России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/479>– (Дата обращения: 18.10.2016).
4. Свод правил СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2009. /Минрегион России. –М., 2012. – 126 с.
5. СНиП 11-3-79** Строительная теплотехника. –М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986. 32 с.
6. Васильев Г.П. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 / Г.П. Васильев // АВОК. 2004. № 4.
7. Казанцев П.А. Архитектурный проект «Энергоэффективное здание «Экодом Solar-5» / П.А. Казанцев // Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. № 4. С. 17–20.
8. В Петербурге построят энергоэффективный бизнес-центр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://asninfo.ru/news/66027-v-peterburge-postroyat-energoeffektivnyy-biznes-tsentr> – (Дата обращения: 21.10.2016).
9. Табунщиков Ю.А. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач // АВОК. 1998. № 1.
10. Типовой проект 211-1-400 Детские ясли-сад на 280 мест в конструкциях серии 1.090.1-1[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293841/4293841713.htm> – (Дата обращения: 05.10.2016).
11. Свод правил СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-2009. /Минрегионразвития РФ. –М., 2012. – 108 с.
12. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Текст]. - Взамен ГОСТ 30494-96; введ. 01.01.2013. –Москва: Изд-во стандартов, 2013. – 16 с.
13. Григорьев А.Ю., Григорьев К.А., Савенко Н.А., Каргальский К.А., Мацак А.Г., Сахончик Е.С. Постановка задачи теплообмена в помещениях, оснащенных принудительной вентиляцией // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С.78-81.

14. Усков А.Е. Солнечная энергетика: состояние и перспективы / А.Е. Усков, А.С. Гиркин, А.В. Дауров // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 98(04).
 15. Алехина Е.В. Перспективы ветроэнергетики / Е.В. Алехина // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013.
 16. Ковалев О.П. Особенности использования тепловых насосов в системах теплоснабжения / О.П. Ковалев // Научные труды Дальрыбвтуза. 2007.
 17. Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.journal.esco.co.ua/2008_2/art118/art118.htm. – (Дата обращения: 05.11.2016).
-
1. Shilkin N.V. Energy efficient houses of Denmark / N.V. Shilkin, A.E. Nasonova//Buildings of high technologies. 2014. Summer. P. 72–78.
 2. Brodach M.M. The building with close to zero power balance / M.M. Brodach, V.I. Livchak//AVOK. 2011. No. 5.
 3. About plans of increase in energy efficiency of buildings in the European Union and Russia [An electronic resource]. – Access mode: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/479>– (Date of the address: 10/18/2016).
 4. Set of rules of the joint venture 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. The staticized editorial office Construction Norms and Regulations 23-02-2009. / Ministry of Regional Development of the Russian Federation. – М, 2012. – 126 p.
 5. Construction Norms and Regulations 11-3-79 ** Construction heating engineer. – М.: TsITP of the State Committee for Construction of the USSR. 1986. 32 with.
 6. Vasilyev G.P. An energy efficient experimental house in the residential district Nikulino-2 / G.P. Vasilyev//AVOK. 2004. No. 4.
 7. P. A. citizens of Kazan. Architectural project "Energy efficient building "Ekody Solar-5" / P.A. Kazantsev//Energy security and energy saving. 2010. No. 4. P. 17-20.
 8. In St. Petersburg will construct energy efficient business center [An electronic resource]. – Access mode: <http://asninfo.ru/news/66027-v-peterburge-postroyat-energoeffektivnyy-biznes-tsentr> – (Date of the address: 10/21/2016).
 9. Tabunshchikov Yu.A. Scientific bases of design of energy efficient buildings / Yu.A. Tabunshchikov, M.M. Brodach//AVOK. 1998. No. 1.
 10. The standard project 211-1-400 the Children's day nursery gardens on 280 places in designs of a series 1.090.1-1 [An electronic resource]. – Access mode: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293841/4293841713.htm> – (Date of the address: 10/5/2016).
 11. Set of rules of the joint venture 131.13330.2012 Construction climatology. The staticized version Construction Norms and Regulations 23-01-2009. / Ministry of Regional Development of the Russian Federation. – М, 2012. – 108 p.
 12. GOST 30494-2011. Buildings inhabited and public. Microclimate parameters in rooms [Text]. - Instead of GOST 30494-96; введ. 1/1/2013. – Moscow: Publishing house of standards, 2013. – 16 p.
 13. Grigoriev A.Yu., Grigoriev K.A., Raykov A.A., Kargalsky K.A., Matsak A.G., Sakhonchik E.S. Heat and mass transfer in the rooms with forced air supply // Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. 2016. № 3. p.78-81.
 14. Uskov A.E. Solar power: state and prospects / A.E. Uskov, A.S. Girkin, A.V. Daurov//Scientific magazine of KUBGAU. 2014. No. 98(04).
 15. Alekhina E.V. Prospects of wind power / E.V. Alekhina//Izvestiya TULGU. Technical science. 2013.
 16. Kovalyov O.P. Features of use of thermal pumps in the systems of heat supply / O.P. Kovalyov//Scientific works of Dalrybvvtuz. 2007.
 17. Energy saving in air conditioning systems [An electronic resource]. – Access mode: http://www.journal.esco.co.ua/2008_2/art118/art118.htm. – (Date of the address: 11/5/2016).

Статья поступила в редакцию 22.05.2017 г.