

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2024, Том 16, № 1 / 2024, Vol. 16, Iss. 1 <https://esj.today/issue-1-2024.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/81NZVN124.pdf>

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

DOI: 10.15862/81NZVN124 (<https://doi.org/10.15862/81NZVN124>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Курочкина, В. А. Реализация энергоэффективных подходов в зеленом строительстве / В. А. Курочкина, Ю. А. Бронникова // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/81NZVN124.pdf>. DOI: 10.15862/81NZVN124.

For citation:

Kurochkina V.A., Bronnikova Yu.A. Implementation of energy efficient approaches in the green construction. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024; 16(1): 81NZVN124. Available at: <https://esj.today/PDF/81NZVN124.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/81NZVN124.

УДК 69.001.5

Курочкина Валентина Александровна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: kurochkina@mgsu.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=657072

Бронникова Юлия Александровна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

Реализация энергоэффективных подходов в зеленом строительстве

Аннотация. Рост численности населения, повышения требований к качеству и комфорту жилья приводит к потребности в развитии среды жизни человека в условиях расширения городских агломераций, следствием которой является все возрастающая нагрузка на все системы жизнедеятельности городов. В современных условиях нельзя недооценивать значимость окружающей среды, так как качество среды напрямую влияет на здоровье и благополучие граждан. Одним из перспективных направлений развития строительной сферы является переход на эко-строительство, подразумевающее внедрение энергоэффективных технологий, а также использование экологически чистых материалов. В статье рассмотрены различные материалы с целью определения их энергоэффективности и оптимальности их применения в «зеленом» строительстве.

Ключевые слова: экологические дома; экологичные материалы; устойчивое развитие; «зелёное» строительство; энергоэффективность

Введение

Строительная отрасль оказывает значительное влияние на окружающую среду и климатические условия. Согласно некоторым исследованиям, на строительство приходится до 50 % климатических изменений, 40 % энергопотребления в мире.

Под экологически чистые дома принято понимать дома, которые проектируются и строятся с учетом современных экологических подходов, основанных на применении устойчивых и экологичных материалов, и технологий.¹ Данные дома предназначены для минимизации негативного влияния на окружающую среду и на здоровье людей. Эко-дома могут включать в себя энергоэффективную изоляцию, солнечные панели для генерации электроэнергии, системы сбора и использования дождевой воды, системы сбора и переработки отходов, а также использование природного освещения и вентиляции для минимизации потребления энергии. Проектирование и строительство эко-домов, эко-кварталов и эко-городов происходит с оглядкой на такой важный показатель негативного воздействия на окружающую среду с экологической точки зрения как углеродный след — совокупность выброса парниковых газов, диоксида углерода (CO₂) и метана (CH₄).

Попробуем рассмотреть эту тему подробнее. Экологические дома достаточно популярна во многих странах. В России данные здания начали строиться в 1980-х годах в Новосибирском Академгородке [1]. В последнее время, так как ситуация с загрязнением окружающей среды стоит на данный момент очень остро, начали более осознанно подходить к теме экологического строительства, формированию благоприятной и комфортной среды [2–4].

Материалы и методы

Энергоэффективность и возобновление источников энергии являются важным фактором в экодумах, это сказывается на экономической выгоде данных домов, так как они снижают затраты на счета за электроэнергию и отопление. Согласно доктрине Организации Объединённых Наций (ООН) главной задачей человечества является переход к устойчивому развитию. Что это значит? Развитие без глобальных катаклизмов, например, войны, экологические катастрофы; поддержка равновесия и баланса поколений, при котором жизнь современного поколения осуществляется без вреда для существования предстоящих поколений. Устойчивое развитие предполагает под собою равновесие интересов человека, экономики и природы (рис. 1).

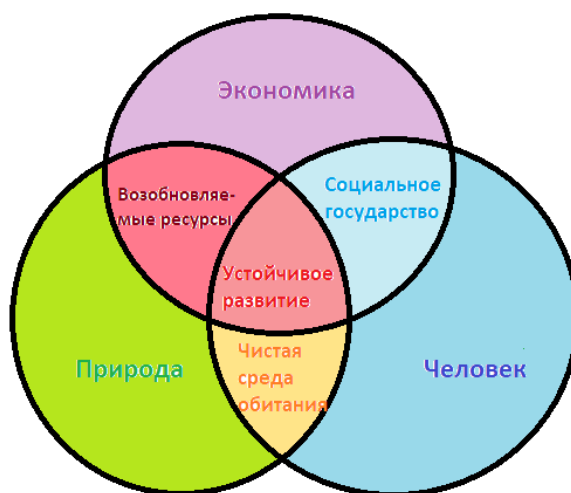


Рисунок 1. Устойчивое развитие (рисунок авторов)

При этом одним из значимых факторов загрязнения окружающей среды или факторов, определяющих «чистую среду обитания», является строительство [5; 6].

¹ Практические рекомендации по комплексному и устойчивому развитию территорий. АНО «НИИУРС», 2018. // Электронный ресурс // URL: <https://greenzoom.ru/dashboard/books/get/e/6/> (дата обращения: 21.02.2021).

Результаты исследования

Эко-дома относятся к «зелёному» строительству. Если сформулировать коротко, то экологическое строительство — это особый подход к строительству, основанный на принципах устойчивого развития при осознанном выборе экологических материалов, который позволяет создавать здания, минимально отрицательно влияющие на окружающую среду и обеспечивающие высокую энергоэффективность.

«Зелёное» строительство способствует сокращению потребления энергии и диверсификации источников энергии, это помогает уменьшить энергетическую зависимость и повысить энергетическую безопасность. «Зелёное» строительство — это ключевое направление для создания устойчивого будущего и играет важную роль в создании экологически устойчивых городов и обществ.

Энергоэффективность является ключевым требованием в «зелёном» строительстве. Это обусловлено тем, что на данный момент в мире существует проблема глобального изменения климата, которое ускоряется вследствие эмиссии парниковых газов. Отопление является одним из основных антропогенных источников парниковых газов, оно практически на 100 % обеспечивается сжиганием топлива — природного газа, угля, нефтепродуктов и т. д. Эмиссию парниковых газов можно снизить с помощью повышения энергоэффективности, т. е. сокращение потребности в отоплении. И создание экологических энергоэффективных домов, направленных на сохранение окружающей среды, поможет решить эту задачу.

Экологически чистым домам иногда присваивают статус пассивных домов, с чем авторы данной статьи не согласны.

К пассивным домам относят дома, которые построены или разработаны с использованием особых принципов и технологий по стандарту немецкого института Пассивного дома. В пассивных домах отсутствует как таковая традиционная система отопления. Данные здания обогреваются с помощью подогрева приточного воздуха в приточно-вытяжной системе вентиляции с рекуперацией. К экологически чистым домам следует относить дома, которые построены из экологически чистых конструктивных и отделочных материалов (рис. 2).



Рисунок 2. Понятие экологически чистого дома (рисунок авторов)

Существуют система рейтинговых «зелёных» сертификаций, с помощью которой оценивается соответствие зданий стандартам «зелёного» строительства. Разработанная бальная система позволяет присваивать баллы по тем или иным критериям, определяющим экологичность здания, в результате суммирования которых определяется рейтинг здания.

Основными критериями экологически чистых домов являются: применение экологических материалов. Следовательно, экологичность дома уже начинается на стадии проектирования при создании экологического дизайна здания. Экологичные материалы — это материалы (традиционно природного происхождения), которые не оказывают негативного

воздействия на природу, окружающую среду и человека. Виды экологических материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Достоинства и недостатки экологических материалов

Материалы	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м ⁰ ·С)	Достоинства	Недостатки
Саман	0,6-0,7	достаточная прочность; пожаробезопасность; достаточная паропроницаемость	высокое влагопоглощение; длительная; усадка и усушка стен
Утрамбованная земля	0,305-0,315	пожаробезопасность; высокая прочность; доступность	необходимость отделки; гигроскопичность
Дерево	0,14–0,18 (поперёк волокон) 0,29–0,35 (вдоль волокон)	высокая прочность; низкая теплопроводность; высокая паропроницаемость	пожароопасность; подверженность биологической коррозии
Эковата	0,037–0,042	свойства эффективного утеплителя; высокая паропроницаемость; достаточная биостойкость; достаточная звукоизоляция	сложность монтажа тепло-изоляционного слоя
Прессованная солома	0,057	низкая теплопроводность; высокая паропроницаемость; лёгкость в обработке; малый вес	высокое влагопоглощение; малый срок службы; пожароопасность; низкая прочность

Составлено авторами

Далее экологичность дома прослеживается на таких стадиях жизненного цикла как — строительство и эксплуатация. Зеленая строительная практика и Устойчивое строительство и эксплуатация — важные составляющие «зеленого» строительства.



Рисунок 3. Школа с фасадом из дерева, Любляна, Словения (фотография авторов)

Таким образом, существует несколько основных задач, которые решает «зелёное» строительство. Одна из них заключается в том, что дома, построенные с применением зеленых технологий, позволяют значительно снизить негативное воздействие человека на окружающую среду. Это касается как выбора самих строительных материалов, как правило, природного происхождения, так и формирование всего жизненного цикла дома, начиная с проведения изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации до реновации или сноса

объекта. Другой главной задачей, которую можно решить с помощью эко-домов — это повышение комфорта за счет улучшения микроклимата помещений, что приводит к улучшению здоровья и благополучия человека, а также делает их облик более интегрированным и гармоничным с окружающей средой, что повышает их эстетичность. На рисунке 3 представлена школа из дерева в столица Словении — Любляне.

К рекомендациям «зелёного» строительства можно отнести следующие аспекты (рис. 4) в соответствии с [4]. Следует отметить, что энергоэффективные здания компактны, так как чем меньше площадь ограждающих конструкций на единицу отапливаемого объема, тем лучше. В таких домах достаточно много света. Для светопрозрачных конструкций более эффективны профильные системы с терморазрывами, стеклопакете с низкоэмиссионным стеклом, которые заполнены инертным газом.



Рисунок 4. Рекомендации «зелёного» строительства (рисунок авторов)

Оптимальный температурно-влажностный режим также является важным фактором в данных домах. В энергоэффективных домах присутствует система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией теплоты, они снижают вентиляционные теплотери примерно в 2–4 раза. Рекуперация теплоты — обогрев приточного воздуха теплотой вытяжного воздуха.

Снижение энергоэффективности теплозащитной оболочки здания происходит с помощью мостиков холода, они представляют собой теплопроводные включения в ограждающих конструкциях, например вылеты несущих конструкций, такие как балконные плиты или консольные балки [7–10].

В данной статье рассмотрен узел консольного вылета балки для жилых зданий, выполненный из древесины, железобетона и стали. Различные материалы были выбраны для исследования количественной оценки теплотерь при использовании различных строительных материалов. Для климатических условий Московского региона принята следующая температура наружного воздуха $t_n = -25^\circ\text{C}$, температура внутреннего воздуха $t_b = +20^\circ\text{C}$, влажность внутреннего воздуха $\varphi_b = 50\%$, температура точки росы внутреннего воздуха $+9,28^\circ\text{C}$.

Нагрузка на консоль принята одинаковой, для сравнительных целей. Поперечное сечение определено индивидуально, согласно расчётной схеме на изгиб с проверкой по прогибу. Параметры расчётной схемы в данной статье были приняты следующие: длина — 1,5 м с шагом 1 м, данная схема соответствует конструкции балкона. Кратковременная нагрузка взята в соответствии с СП 20.13330.2016² и нагрузка от собственного веса составляет 3,6 кН/м². Результаты исследования приведены в таблице 2.

Расчёты были произведены с помощью компьютерного моделирования температурных полей с помощью метода конечных элементов в трёхмерном пространстве. Было принято, что стена состоит из обыкновенного кирпича ($\delta_1 = 250$ мм, $\lambda_1 = 0,81$ Вт/(м²·°C)), утеплённая минеральной ватой ($\delta_2 = 100$ мм, $\lambda_2 = 0,04$ Вт/(м²·°C)) с тонким штукатурным слоем.

Таблица 2

Параметры равнопрочных консольных балок из различных материалов

Параметры	Материал		
	Древесина сорта 1	Железобетон В25	Сталь С255Б
Нормативный документ	СП 64.13330.2017 ³	СП 63.13330.2018 ⁴	СП 16.13330.2017 ⁵
Поперечное сечение, мм	100×200 мм	100×150 мм	Двутавр 10Б1
Расчётные сопротивления*, МПа	$R^p = R^A \cdot m_{дл} \cdot m_b = 21 \cdot 0,66 \cdot 0,9 = 12,5$	$R_b = 14,5$ $R_{bt} = 1,05$	$R_y = 250$

* *Примечание.* Обозначения расчётных сопротивлений и необходимых коэффициентов для их вычисления приняты по соответствующим нормативным документам. Составлено авторами

Как было ранее написано, шаг балок составляет 1 м — ширина расчётной схемы. Высота данной схемы принята характерно высоте этажа — 3 м. Площадь расчётного фрагмента стены $A_{ст} = 3,0$ м². Расчётные схемы представлены на рисунке 5.

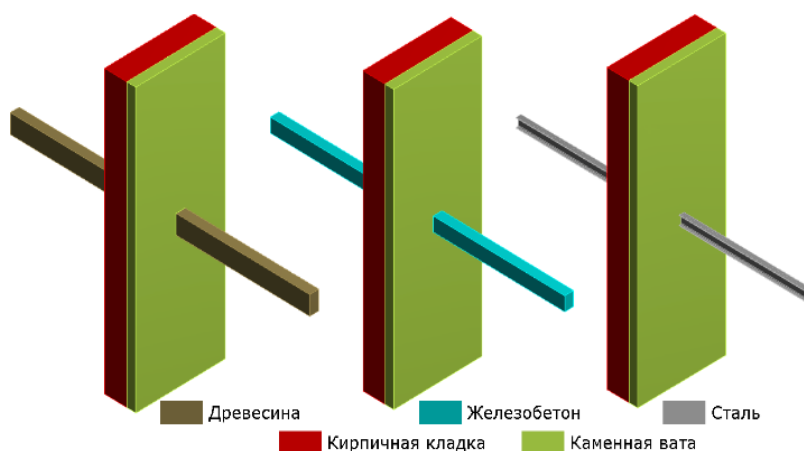


Рисунок 5. Расчётные схемы для компьютерного моделирования температурных полей (рисунок авторов)

² СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (дата обращения: 21.02.2021).

³ СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/456082589> (дата обращения: 21.02.2021).

⁴ СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403082> (дата обращения: 21.02.2021).

⁵ СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. // Электронный ресурс // URL: <https://docs.cntd.ru/document/456069588> (дата обращения: 21.02.2021).

К поверхностям конечно-элементной модели приложены граничные условия конвективного теплообмена, с указанием коэффициента теплоотдачи и температуры. Адиабатические граничные условия заданы на торцевых участках фрагмента стены, что соответствует условию симметрии.

Результаты компьютерного моделирования представлены на рисунке 6 и сведены в таблице 3.

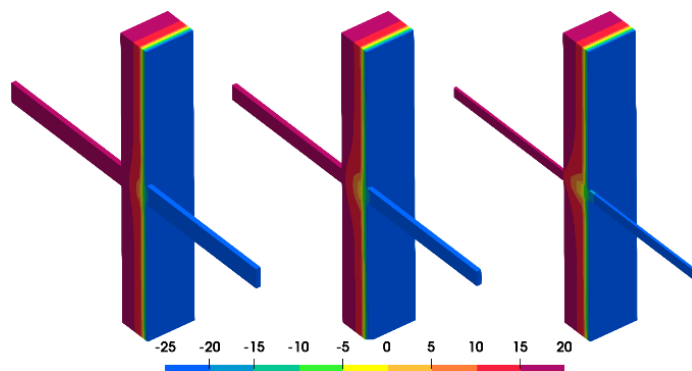


Рисунок 6. Результаты компьютерного моделирования температурных полей. Распределение температур в вертикальных сечениях по осям балок (рисунок авторов)

Таблица 3

Параметры компьютерного моделирования температурных полей

Параметры	Материалы		
	древесина сорта 1	железобетон В25	сталь С255Б
Теплопроводность, Вт/(м ² ·°С)	0,35 (вдоль волокон)	2,04	58
Тепловой поток, Вт	46,7	50,1	52,7
Тепловой поток, обусловленный балкой, Вт	1,2	4,6	7,2
Минимальная температура внутренней поверхности, °С	17,9	16,9	14,9

Составлено авторами

Выводы

Можно сделать вывод, что результаты данного исследования показывают, что теплопотери по деревянной балке меньше в 3,8 и 6 раз, нежели у железобетонной и стальной. Также в исследовании видно, что для металлической балки нужно дополнительное теплотехническое решение, в соответствии с превышением нормируемого температурного перепада.

Экологические дома — это не только способ создания комфортного и экономичного жилья, уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, они становятся все более популярными в свете растущего осознания важности сохранения природы и устойчивого развития. Будущее за этими домами. Строительство экологически чистых домов может быть полезно для решения многих экологических проблем, которые стоят перед человечеством.

Конечно, «эко-технологии», в том числе и энергосберегающие, требуют больших капиталовложений и сложного обслуживания, поэтому срок окупаемости таких технологий значительно дольше. Но при этом, они способствуют улучшению здоровья человека, а значит, продолжительности и качеству его жизни, позволяют снижать воздействие человека на окружающую среду, а, следовательно, сохраняет природные экосистемы. Однако, те же самые изменения, которые защитят окружающую среду от вредного воздействия строительства, могут

также улучшить качество строительной продукции и увеличить прибыль для строительных фирм в перспективе.

В процессе жизни человек может оказывать на окружающую среду как отрицательное, так и положительное влияние. Что касается второго — это экологическое строительство, которое и было рассмотрено в статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Огородников И.А. Строительство экодому в разных странах / Институт теплофизики имени С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, — 2017 — URL: http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz_2017/files/S2_Ogorodnikov.pdf (дата обращения: 21.02.2024).
2. Калиниченко Е.К., Курочкина В.А., Белова М.О. Качество городской среды и воздействие города на окружающую среду. В сборнике: Геоэкология: теория и практика: сборник научных трудов по материалам Всероссийской студенческой конференции с международным участием 18–19 ноября 2022 г. / Под общ. ред. к.б.н., доцент Е.А. Парахиной. — М.: РУДН, 2022. — С. 411–419.
3. Курочкина В.А., Хлебников С.К., Мельникова М.Д., Сметанин И.А. Влияние городских водных объектов на структуру открытых общественных пространств // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 5. — С. 1–18. — DOI: 10.15862/18NZVN521.
4. Курочкина В.А. Водные объекты как основа организации открытых общественных пространств и инструмент трансформации урбосистем. // Вестник Евразийской науки, — 2020 — Т. 12 — № 5 — С. 1–24. — DOI: 10.15862/63SAVN520.
5. Курочкина В.А., Калиниченко Е.К., Белова М.О. Малые архитектурные формы в структуре открытых общественных пространств города. // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 5. — С. 1–15. — DOI: 10.15862/28NZVN521.
6. Курочкина В.А. Влияние объектов незавершенного строительства и промышленных территорий на геоэкологию городов и развитие депрессивных пространств // Вестник Евразийской науки, — 2020 — № 6 — URL: <https://esj.today/PDF/36NZVN620.pdf> — DOI: 10.15862/36NZVN620.
7. Черных, О.Н. Оценка основных параметров волнового воздействия на пологие откосы берегов крупных водных объектов / О.Н. Черных, А.В. Бурлаченко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2023. — Т. 19, № 1. — С. 110–116. — DOI 10.22363/1815-5235-2023-19-1-110-116. — EDN НКIU5I.
8. Музтауов, Ж.Б. Соглашения по трансграничным водным объектам: состояние и перспективы развития / Ж.Б. Музтауов, Ю.А. Гаврилова // Вестник Института законодательства и правовой информации Республики Казахстан. — 2023. — № 4(75). — С. 183–193. — DOI 10.52026/27885291_2023_75_4_183. — EDN RАTKAW.

9. Курочкина, В.А. Влияние работы очистных сооружений на экологическое состояние и качество воды в водных объектах / В.А. Курочкина, А.А. Якушев // Естественные и технические науки. — 2019. — № 6(132). — С. 156–159. — EDN CYDIXC.
10. Кутявина, Т.И. Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов России (обзор) / Т.И. Кутявина, Т.Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. — 2021. — № 2. — С. 13–21. — DOI 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021. — EDN QOYTRX.

Kurochkina Valentina Aleksandrovna

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia
E-mail: kurochkina@mgsu.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=657072

Bronnikova Yuliya Aleksandrovna

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Implementation of energy efficient approaches in the green construction

Abstract. The growth of the population, increasing requirements for the quality and comfort of housing leads to the need for the development of the human living environment in the conditions of the expansion of urban agglomerations, the consequence of which is an ever-increasing burden on all the life systems of cities. In modern conditions, the importance of the environment should not be underestimated, since the quality of the environment directly affects the health and well-being of citizens. One of the promising areas of development of the construction sector is the transition to eco-construction, which implies the introduction of energy-efficient technologies, as well as the use of environmentally friendly materials and technologies. In the article are discussed the use of various materials in order to determine their energy efficiency and the optimality of their use in a «green» construction.

Keywords: ecological houses; eco-friendly materials; sustainable development; «green» construction; energy efficiency