

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ТИПОВОГО ДЕРЕВЯННОГО ДОМА В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

З. Пастори¹, Г.А. Горбачева², В.Г. Санаев², З. Борчок¹

¹Инновационный центр, Шопронский университет, 9400, Венгрия, г. Шопрон, Байцы-Жилинская улица, д. 4

²МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

rector@mgul.ac.ru

Построена энергетическая модель типичного дома из клееного бруса площадью 108 м² с тремя различными типами окон. Виртуальная модель тепловых параметров здания создана с использованием программного обеспечения WinWatt. Годовая потребность в тепловой энергии была интегрирована из почасовых данных внутренней и наружной разности температур с помощью программы, разработанной для этой цели (программное обеспечение EnergiKalk). Определены затраты тепловой энергии, необходимой для предложенной модели дома, в российских городах с разным климатом, в частности Архангельске, Владивостоке, Иркутске, Краснодаре, Красноярске, Магадане, Москве, Омске, Санкт-Петербурге, Челябинске. Показано, что изменение коэффициента теплопередачи остекления с 3,5 на 1,4 и 0,7 Вт/м²·К привело к экономии энергии на 11,9 и 15,9 % соответственно. При понижении ночной температуры на 2 °С экономия составляет 2,7 % (1865 кВт·ч) в более холодной Магаданской обл., в то время как в теплом Краснодаре — 4,48 % (1151 кВт·ч). Проведенные расчеты показали, что Россия обладает значительным потенциалом для экономии энергии в деревянных жилых малоэтажных строениях.

Ключевые слова: типичный российский деревянный дом, затраты тепловой энергии, климатические регионы России, количество часов отопительного периода, энергосбережение

Ссылка для цитирования: Пастори З., Горбачева Г.А., Санаев В.Г., Борчок З. Энергосбережение типового деревянного дома в различных регионах России // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 5. С. 101–107. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-5-101-107

Энергоэффективность и энергосбережение входят в число приоритетных стратегических направлений развития технологий в экономике России, которая обладает одним из самых мощных в мире технических потенциалов повышения энергоэффективности [1]. Обеспечить использование этого резерва можно только вследствие проведения комплексной энергетической политики.

На долю жилого сектора в разных странах приходится 30–45 % всей потребляемой энергии, в зависимости от климатических условий и теплотехнических свойств зданий [2, 3]. Поскольку высока доля потребляемой энергии и она неэффективно используется, потенциал энергосбережения остается высоким благодаря, прежде всего тепловым свойствам зданий [4–7]. При строительстве и модернизации домов с повышенными энергетическими требованиями основной задачей является улучшение теплоизоляции, повышение энергоэффективности, снижение энергопотребления, что важно для окружающей среды и повышения экономической эффективности их эксплуатации [8–12].

Определяя тепловые характеристики здания, особое внимание следует уделять остеклению, так как теплопотери через окна могут значительно превосходить теплопотери через другие его части. Некоторые исследователи отмечают важность учета теплопотерь через окна в зданиях и рассматривают возможности использования солнечной энергии [13–14]. В работе [15] указано, что коэффициент теплопотерь через окна может

на 40 % превышать теплопотери, регламентированные действующим законодательством Норвегии [16]. На оптимальные тепловые параметры влияют размеры и ориентация окон, общая годовая потребность в энергии на отопление/охлаждение, которая напрямую связана с климатическими условиями [17].

Наряду с тепловыми параметрами зданий очень важное значение в определении энергии отопления/охлаждения имеет географическое положение здания и его размещение на местности. Для обеспечения одинаковых условий внутри здания необходимо разное количество энергии в различных погодных условиях и в зависимости от положения на местности. Россия по площади занимает лидирующую позицию среди самых больших стран мира (17 125 191 км²), простираясь от восточных рубежей Европы до западного берега северной части Тихого океана, и включает в себя несколько климатических поясов. Большая часть территории страны лежит в умеренном поясе, острова Северного Ледовитого океана и северные материковые районы — в арктическом и субарктическом поясах, Черноморское побережье России расположено в субтропическом поясе.

Подавляющее большинство жилых домов в сельской местности России — деревянные [18–19]. Многовековые традиции строительства деревянных домов, доступность древесных ресурсов и значительные запасы древесины на территории страны обусловили ее широкое использование

в качестве конструкционного материала. Правительством Российской Федерации разработаны программы по стимулированию рынка деревянного индустриального домостроения, что в перспективе приведет к увеличению ежегодных объемов производства деревянных домов в 2–3 раза. Толщина стены в 18–25 см из клееного бруса обеспечивает необходимые требования к характеристикам здания [20]. В СНиП 23-02-2003 установлены рекомендации для малоэтажных зданий, в том числе и для индивидуальных жилых строений, однако не регламентируется минимальное тепловое сопротивление конструкции стены.

Цель работы

Настоящая работа посвящена определению затрат тепловой энергии, необходимой для одного и того же деревянного дома в десяти российских городах с разным климатом, определению влияния остекления в общем объеме тепловых энергетических затрат для трех разных уровней изоляции в доме из клееного бруса и определению уровня энергосбережения за счет снижения температуры внутри деревянного дома (с 20 до 18 °С) в ночной период в десяти городах России.

Материалы и методы

С помощью моделирования методом конечных элементов построена тепловая энергетическая модель типового российского дома из клееного бруса. Десять одинаковых моделей разместили в перечисленных выше городах и определили потребность в тепловой энергии в зависимости от местного климата. Несмотря на то что солнечная энергия и сила ветра оказывают тоже значительное воздействие на затраты энергии на отопление, данных об этом для разных регионов страны нет. В связи с этим при проведении расчетов ориентация здания на местности не учитывалась. Отапливаемая площадь двухэтажного дома составляет 108 м², габариты — 10,40×9,40 м, фундамент — свайный с железобетонным ростверком. Структура ограждающих конструкций, крыши, потолка и пола приведена в табл. 1.

Стены дома выполнены из клееного бруса сечением 200×200 мм, значение коэффициента теплопередачи U составило 0,5 Вт/м²·К при коэффициенте теплопроводности 0,11 Вт/(м·К), сопротивлении теплоотдаче — 1/24, сопротивлении тепловосприятию — 1/8. Виртуальная модель тепловых параметров здания создана с использованием программного обеспечения WinWatt (<http://www.bausoft.hu>) на основе данных табл. 1.

Значения характеристик для каждой строительной детали были выбраны из базы данных программного обеспечения, которая содержит актуальные данные для большого количества стро-

Т а б л и ц а 1

Структура ограждающих конструкций

The structure of the building envelope

Ограждающая конструкция	Материал	Толщина, мм
Пол	Пиломатериал	40
	Гидроизоляция	1
	Балка 200×50	200
	Теплоизоляция rockwool	200
	Нижний настил	25
	Рейки	25
	Воздушный зазор Грунт	Не регл. Не регл.
Потолок	Пиломатериал	40
	Балка 200×50	200
	Теплоизоляция rockwool	150
	Пароизоляция	1
	Отделочная доска (евровагонка) Пиломатериал	20 40
Крыша	Металлочерепица	0,7
	Обрешетка	25
	Контробрешетка	25
	Гидроизоляция	2
	Стропило	200
	Теплоизоляция	150
	Пароизоляция Обрешетка	1 25
Стены	Клееный брус	200

ительных материалов. Расчеты модели проводились для трех вариантов остекления, имеющих три различных теплоизолирующих потенциала и коэффициенты теплопередачи (значение U) — 3,5, 1,4 и 0,7 Вт/м²·К, соответственно.

Эти значения учитывают тепловые параметры стекла и массу рамы пропорционально поверхности. Общая площадь окон составляет 18 м², в том числе рама. Тепловая конечно-элементная модель позволяет проводить расчеты теплотерь здания для каждой разности температур внутри помещения снаружи.

Годовая потребность в тепловой энергии была интегрирована из почасовых данных внутренней и наружной разности температур с помощью программы, разработанной для этой цели (программное обеспечение EnergiKalk) [21]. Программа позволяет определить энергозатраты одного и того же здания в разных климатических условиях и подсчитывает потребление тепловой энергии за определенный период, используя данные о погоде для этого города и внутренней температуры для здания. В зависимости от разницы температур внутри и снаружи здания рассчитывается расход тепловой энергии, затем путем интегрирования почасовых данных вычисляется потребление тепловой энергии дома в течение определенного периода. Годовое потребление энергии в одном варианте определялось для температуры внутри здания 20 °С. В другом варианте — температура

Т а б л и ц а 2

Города России разных климатических зон с указанием их географических координат, средних и экстремальных температур атмосферного воздуха в 2014 г.

Russian cities of different climatic zones with an indication of their geographical coordinates, average and extreme temperatures of atmospheric air in 2014

Город	Координаты		Температура, °С			Количество часов отопительного периода*
	с. ш.	в. д.	средняя	максимальная	минимальная	
Архангельск	64°33'	40°32'	2,4	32	-30	8246
Владивосток	43°07'	131°54'	5,4	32	-29	7258
Иркутск	52°17'	104°18'	1,0	31	-34	7926
Краснодар	45°02'	38°59'	12,6	37	-17	6125
Красноярск	56°00'43"	92°52'17"	1,3	35	-35	7927
Магадан	59°34'	150°48'	-4,2	27	-45	8627
Москва	55°45'21"	37°37'04"	6,4	33	-26	7592
Омск	54°58'	73°23'	2,1	35	-35	7707
Санкт-Петербург	59°57'	30°19'	6,6	33	-22	7808
Челябинск	55°09'44"	61°24'11"	2,9	32	-35	7877

*Количество часов отопительного периода при температуре внутри здания 20 °С.

внутри помещения была снижена до 18 °С в период между 22.00 и 06.00, в результате чего удалось уменьшить разницу между внутренней и внешней температурой и, следовательно, потери тепла. Рассчитанные затраты тепловой энергии позволили определить энергетические потребности здания.

Для моделирования выбрали города в разных климатических зонах: Архангельск, Владивосток, Иркутск, Краснодар, Красноярск, Магадан, Москву, Омск, Санкт-Петербург и Челябинск, — всего десять городов. При исследовании использовали типовой проект дома из клееного бруса, соответствующий нормам и требованиям СНиП и пригодный для любого из перечисленных городов. У каждого города есть гражданский аэропорт, метеоданные которого в период с 01.01.2014 г. по 31.12.2014 г. были использованы при моделировании. Точность данных проверили с помощью других метеостанций и установили их идентичность.

Климатические условия России требуют охлаждения внутренней температуры зданий преимущественно в течение короткого теплого периода года, поэтому системы кондиционирования используются не повсеместно. Так, затраты энергии на охлаждение нами не рассчитывались.

Рассмотрим местоположение и температуру воздуха указанных городов (табл. 2). Наибольшие амплитуды температуры отмечаются в Красноярске, самая низкая среднегодовая температура зафиксирована в Магадане, самая высокая — в Краснодаре. Наибольшим количеством часов отопительного периода характеризуется Магадан, наименьшим — Краснодар. Будучи самым северным из рассматриваемых городов, Архангельск не является самым холодным вследствие влияния

на климатические условия теплых морских течений. Большинству городов характерен континентальный климат. Количество часов отопительного периода зависит от многих факторов, в частности, географического положения, наличия морских течений, ветровых условий, высоты и рельефа местности. Для рассматриваемых городов России количество часов отопительного периода примерно одинаковое, несмотря на различие минимальных и максимальных значений температуры (см. табл. 2).

Результаты и обсуждение

С помощью программного обеспечения EnergiKalk рассчитаны ежегодные потребности в тепловой энергии для трех типов окон и двух видов суточных температурных ритмов в каждом из рассматриваемых городов, ежегодное потребное число часов для отопления как для внутренней температуры 20 °С, так и для пониженной температуры 18 °С в ночной период (табл. 3).

Согласно проведенным расчетам, количество тепловой энергии определяется преимущественно не количеством часов нагрева, а требуемой степенью нагрева. Максимальные затраты на энергию и самый продолжительный отопительный сезон характерны для Магадана, самые низкие затраты на энергию — для Краснодара. В Архангельске затраты на отопление не самые высокие, несмотря на продолжительный отопительный период. Для Иркутска, Красноярска и Омска получены большие затраты на тепловую энергию вследствие длительного отопительного сезона, значительной степени нагрева и низких средних температур. Энергопотребление здания в Московской области с коэффициентом теплопередачи окон 1,4 Вт/м²·К составляет 335 кВт·ч/м² в год

Т а б л и ц а 3

Затраты тепловой энергии
Thermal energy inputs

Город	Количество часов отопительного периода, ч °С		Затраты энергии, кВт·ч/год					
			постоянная температура 20 °С			температура ночью 18 °С и днем 20 °С		
	постоянная температура 20 °С	температура ночью 18 °С и днем 20 °С	коэффициент теплопередачи (Вт/м ² ·К)					
3,5			1,4	0,7	3,5	1,4	0,7	
Архангельск	155 599	150 633	51 534	45 390	43 336	49 671	43 749	41 769
Владивосток	132 475	129 008	43 510	38 322	36 590	42 219	37 186	35 504
Иркутск	169 550	165 361	55 775	49 123	46 904	54 217	47 751	45 593
Краснодар	77 357	74 183	25 710	22 645	21 618	24 559	21 632	20 651
Красноярск	167 009	162 086	55 077	48 509	46 317	53 205	46 861	44 743
Магадан	212 417	206 759	69 850	61 517	58 739	67 985	59 876	57 171
Москва	124 180	119 457	41 141	36 236	34 597	39 400	34 703	33 132
Омск	161 330	156 464	53 003	46 681	44 573	51 198	45 092	43 055
Санкт Петербург	120 797	116 254	40 211	35 416	33 813	38 539	33 945	32 407
Челябинск	152 980	148 560	50 396	44 386	42 379	48 724	42 914	40 973

Т а б л и ц а 4

Энергосбережение при пониженной ночной температуре

Energy saving at low night temperatures

Город	Затраты энергии при температуре ночью 18 °С и днем 20 °С, кВт·ч/год при коэффициенте теплопередачи (Вт/м ² ·К)			Экономия энергии, %	Снижение степени нагрева часа отопления, %
	3,5	1,4	0,7		
Архангельск	1863	1641	1567	3,62	3,19
Владивосток	1291	1136	1085	2,97	2,62
Иркутск	1558	1372	1311	2,79	2,47
Краснодар	1151	1013	968	4,48	4,10
Красноярск	1872	1648	1574	3,40	2,95
Магадан	1865	1641	1567	2,67	2,66
Москва	1741	1533	1464	4,23	3,80
Омск	1805	1589	1518	3,41	3,02
Санкт-Петербург	1673	1472	1406	4,16	3,76
Челябинск	1671	1471	1406	3,32	2,89

(см. табл. 3). Эти данные хорошо согласуются с расчетами, проведенными в системе GWD Engineering 2017, что составляет около 298 кВт·ч/м² в год [22].

Различные энергетические потребности при использовании разных видов окон можно сравнить, поскольку конфигурация и расположение дома на местности постоянны. Окно с наименьшей теплоизоляционной способностью и коэффициентом теплопередачи 3,5 Вт/м²·К принято за базовый вариант. Для окна, имеющего коэффициент теплопередачи 1,4 Вт/м²·К, отмечено снижение уровня энергозатрат на 11,9 %, а даль-

нейшее снижение теплопередачи до 0,7 Вт/м²·К уменьшает затраты на энергию дополнительно еще на 4 %. В самой холодной Магаданской обл. современные окна ($U = 0,7$ Вт/м²·К) позволяют экономить 11 МВт·ч энергии в год по сравнению с базовым вариантом 3,5 Вт/м²·К. В Краснодаре, где спрос на энергию наименьший, экономия составляет 4 МВт·ч. Результаты расчетов показывают энергопотребление здания при изменении степени отопления для разных типов окон. Изменение типа окон с $U = 1,4$ Вт/м²·К на $U = 0,7$ Вт/м²·К привело к существенно меньшей (~4 %) экономии энергии.

При снижении температуры с 20 до 18 °С в период с 22.00 до 06.00 потребление энергии можно уменьшить на 4,5 %, в зависимости от погодных условий, характерных для данного района (табл. 4). За счет снижения внутренней температуры уменьшается также степень нагрева (см. табл. 4).

Экономия в Магадане при наибольших затратах на отопление составляет 1865 кВт·ч (2,67 %), в Краснодаре — 1151 кВт·ч (4,48 %). Энергосбережение в Магадане почти в 1,5 раза превышает абсолютное значение в Краснодаре, однако в относительных величинах показывает меньшую долю, что связано с большими энергозатратами. Таким образом, при больших энергозатратах значительной экономии можно достичь при снижении температуры внутри помещения в ночной период, а при использовании остекления с более низкими значениями коэффициента теплопередачи, можно повысить энергосбережение.

Выводы

Города, расположенные в самых теплых регионах России должны отапливаться почти 70 % времени в течение года, в то время как на самых холодных территориях города нуждаются в отоплении более 98 % времени всего года. Благодаря длительному отопительному периоду незначительное улучшение изоляции экономит большое количество энергии, поэтому использование окон с меньшей теплопроводностью и понижение температуры внутри помещений в ночное время снижает затраты на тепловую энергию на 20 % в большинстве регионов России.

От теплопроводности окон существенно зависит объем тепловых потребностей здания. По сравнению двухрамным однослойным остеклением ($U = 3,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$) однокамерные стеклопакеты с теплоизоляционным остеклением, низкоэмиссионным покрытием и заполнением аргоном ($U = 1,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$) могут обеспечить значительную экономию. Двухкамерные стеклопакеты с тремя слоями остекления и максимальной изоляцией ($U = 0,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$) могут снизить потребность здания в тепловой энергии почти на 1/6 и это не мало, особенно с учетом малой площади поверхности окон.

Для рассматриваемых городов снижение ночной температуры внутри здания на 2 °С может сохранить от 2,67 до 4,48 % необходимой энергии, в зависимости от потребности в отоплении и климата региона. Так экономить энергию можно без дополнительных инвестиций.

Следовательно, полученные результаты показали возможные пути энергосбережения в жилых деревянных домах в пределах России, которая обладает значительным потенциалом для экономии

энергии. В связи с этим рекомендуется повышение стандартов в области энергетике зданий и их модернизация.

Представленная работа выполнена в рамках проекта «Sustainable Raw Material Management Thematic Network — RING 2017», EFOP-3.6.2-16-2017-00010 project in the framework of the Széchenyi 2020 Program. Реализация данного проекта осуществляется при финансовой поддержке Европейского Союза (European Union) и совместном финансировании со стороны Европейского Социального Фонда (European Social Fund).

Список литературы

- [1] Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 274 с.
- [2] Swan L.G., Ugursal V.I. Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, no. 13 (8), pp. 1819–1835. DOI: 10.1016/j.rser.2008.09.033
- [3] Estiri H. The indirect role of households in shaping US residential energy demand patterns // Energy Policy, 2015, no. 86, pp. 585–594. DOI: 10.1016/j.enpol.2015.08.008
- [4] Balaras C., Drousa K., Dascalaki E., Kontoyiannidis S. Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings // Energy and Buildings, 2005, no. 37, pp. 429–442. DOI: 10.1016/j.enbuild.2004.08.003
- [5] Harvey L.D.D. Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples // Energy Efficiency, 2009, no. 2, pp. 139–163. DOI 10.1007/s12053-009-9041-2
- [6] Lechtenböhrer S., Schüring A. The potential for large-scale savings from insulating residential buildings in the EU // Energy Efficiency, 2010, no. 4(2), pp. 257–270. DOI: 10.1007/s12053-010-9090-6
- [7] Nyers J., Tomić S., Nyers A. Economic optimum of thermal insulating layer for external wall of brick // Acta Polytechnica Hungarica, 2014, no. 11(7), pp. 209–222.
- [8] Arumägi E., Kalamees T. Analysis of energy economic renovation for historic wooden apartment buildings in cold climates // Applied Energy, 2014, no. 115, pp. 540–548. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.10.041
- [9] Basinska M., Koczyk H., Szczechowiak E. Sensitivity analysis in determining the optimum energy for residential buildings in Polish conditions // Energy and Buildings, 2015, no. 107, pp. 307–318. DOI:10.1016/j.enbuild.2015.08.029
- [10] Jermyn D., Richman R. A process for developing deep energy retrofit strategies for single-family housing typologies: Three Toronto case studies // Energy and Buildings, 2016, no. 116, pp. 522–534. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.01.022
- [11] Skarning G. C. J., Hviid C. A., Svendsen S. Roadmap for improving roof and facade windows in nearly zero-energy houses in Europe // Energy and Buildings, 2016, no. 116, pp. 602–613. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.01.038
- [12] Пастори З., Борчок З., Горбачева Г.А. Баланс CO₂ различных видов стеновых конструкций // Строительные материалы, 2015. № 12. С. 76–77.
- [13] Grynning S., Gustavsen A., Time B., Jelle B.P. Windows in the buildings of tomorrow: Energy losers or energy gainers? // Energy and Buildings, 2013, no. 61, pp. 185–192. DOI: 10.1016/j.enbuild.2013.02.029

- [14] Arici M., Karabay H., Kan M. Flow and heat transfer in double, triple and quadruple pane windows // *Energy and Buildings*, 2015, no. 86, pp. 394–402. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.10.043
- [15] Grynning S., Time B., Uvsløkk S. An overview and some reflections on energy saving potentials by heat loss reduction through the building envelope // Project report to be published within the Research Centre on Zero Emission Buildings, 2011.
- [16] TEK 2010. Technical regulations to the Norwegian building regulations, Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift), 2010. URL: https://lovdata.no/dokument/SFO/forskrift/2010-03-26-489/KAPITTEL_1-1#%C2%A71-1 (дата обращения 18.12.2018).
- [17] Jaber S., Ajib S. Thermal and economic windows design for different climate zones // *Energy and Buildings*, 2011, no. 43, pp. 3208–3215. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.08.019
- [18] Ефимов Е.М. Деревянное домостроение в России: состояние, проблемы и перспективы развития // *Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал*, 2011. № 2. С. 239–241.
- [19] Петрова З.К. Проблема развития малоэтажной жизнеобеспечивающей жилой застройки в России и мире // *Градостроительство*, 2012. № 4 (20). С. 59–66.
- [20] СНиП 23-02-2003 Строительные нормы и правила Российской Федерации. «Тепловая защита зданий». М.: Стройиздат, 2003. 30 с.
- [21] Vados M. Épületek hőveszteségének integrált energetikai modellezése (Integral energetic model of thermal loss of buildings). Thesis. Sopron: University of West Hungary, BSc. 2013.
- [22] GWD Engineering 2017. Руководство по выбору топлива системы отопления. URL: <http://www.gwde.ru/articles/rukovodstvo-po-vyboru-topliva-sistemy-otopleniya/> (дата обращения 27.03.2017).

Сведения об авторах

Пастори Золтан — Ph.D, директор Инновационного центра, Шопронский университет, Венгрия, pasztory.zoltan@uni-sopron.hu

Горбачева Галина Александровна — канд. техн. наук, доцент кафедры древесиноведения и технологии деревообработки, МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), gorbacheva@bmstu.ru

Санаев Виктор Георгиевич — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой древесиноведения и технологии деревообработки, директор Мытищинского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет), rector@mgul.ac.ru

Борчок Золтан — Ph.D, исследователь Инновационного центра, Шопронский университет, Венгрия, borcsok.zoltan@uni-sopron.hu

Поступила в редакцию 18.03.2019.

Принята к публикации 27.03.2019.

HEATING ENERGY DEMAND SAVINGS OF TYPICAL LOG HOME IN DIFFERENT REGIONS OF RUSSIA

Z. Pásztor¹, G.A. Gorbacheva², V.G. Sanaev², Z. Börösök¹

¹University of Sopron, Innovation Center, Bajcsy-Zsilinszky utca 4, 9400, Sopron, Hungary

²BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

rector@mgul.ac.ru

The problem of energy saving is crucial for improving energy efficiency in the residential sector. Russia has one of the world's largest technical potential to improve energy efficiency. An energy model of a typical Russian log home (108 m²) with three different types of windows was built. The virtual thermal parameter model of the building was created in WinWatt software. The yearly heat energy demand was integrated from the hourly data of the inner and outer temperature difference with the help of a program made for this purpose (EnergiKalk software). One year energy demands of the model in ten different cities of the Russia with different climates were examined such as Arkhangelsk, Vladivostok, Irkutsk, Krasnodar, Krasnoyarsk, Magadan, Moscow, Omsk, St. Petersburg, Chelyabinsk. Cities in the warmest areas require heating in 70 % of the year while city in the coldest places need heating for more than 98 % of the year. It was shown, that the changing the 3,5 W/m²K thermal insulation capacity windows to 1,4 W/m²K and 0,7 W/m²K windows caused an energy saving of 11,9% and 15,9 % heating energy respectively. If the night temperature is reduced by 2 degrees Celsius it results a 2,7 % (1865 kWh) saving in the colder Magadan region, while in the Mediterranean Krasnodar, there was a 4,48 % (1151 kWh) saving of the net heating energy amount. Based on the calculations it can be concluded that Russia possesses a significant heating potential savings in residential sector.

Keywords: Russian log house, heating energy demand, climatic regions of Russia, heating degree hours, energy savings

Suggested citation: Pásztor Z., Gorbacheva G.A., Sanaev V.G., Börösök Z. *Energoberezhenie tipichnogo derevyannogo doma v razlichnykh regionakh Rossii* [Heating energy demand savings of typical log home in different regions of Russia]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 5, pp. 101–107.

DOI: 10.18698/2542-1468-2019-5-101-107

References

- [1] Pilipenko N.V., Sivakov I.A. *Energoberezhenie i povyshenie energeticheskoy effektivnosti inzhenernykh sistem i setey* [Energy saving and energy efficiency of engineering systems and networks: textbook]. Saint Petersburg: ITMO, 2013, 274 p.
- [2] Swan L.G., Ugursal V.I. Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, no. 13 (8), pp. 1819–1835. DOI: 10.1016/j.rser.2008.09.033
- [3] Estiri H. The indirect role of households in shaping US residential energy demand patterns. *Energy Policy*, 2015, no. 86, pp. 585–594. DOI: 10.1016/j.enpol.2015.08.008
- [4] Balaras C., Drousa K., Dascalaki E., Kontoyiannidis S. Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings. *Energy and Buildings*, 2005, no. 37, pp. 429–442. DOI: 10.1016/j.enbuild.2004.08.003
- [5] Harvey L.D.D. Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples. *Energy Efficiency*, 2009, no. 2, pp. 139–163. DOI 10.1007/s12053-009-9041-2
- [6] Lechtenböhmer S., Schüring A. The potential for large-scale savings from insulating residential buildings in the EU. *Energy Efficiency*, 2010, no. 4(2), pp. 257–270. DOI: 10.1007/s12053-010-9090-6
- [7] Nyers J., Tomić S., Nyers A. Economic optimum of thermal insulating layer for external wall of brick. *Acta Polytechnica Hungarica*, 2014, no. 11(7), pp. 209–222.
- [8] Arumägi E., Kalamees T. Analysis of energy economic renovation for historic wooden apartment buildings in cold climates. *Applied Energy*, 2014, no. 115, pp. 540–548. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.10.041
- [9] Basinska M., Koczyk H., Szczechowiak E. Sensitivity analysis in determining the optimum energy for residential buildings in Polish conditions. *Energy and Buildings*, 2015, no. 107, pp. 307–318. DOI:10.1016/j.enbuild.2015.08.029
- [10] Jermyn D., Richman R. A process for developing deep energy retrofit strategies for single-family housing typologies: Three Toronto case studies. *Energy and Buildings*, 2016, no. 116, pp. 522–534. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.01.022
- [11] Skarving G. C. J., Hviid C. A., Svendsen S. Roadmap for improving roof and facade windows in nearly zero-energy houses in Europe. *Energy and Buildings*, 2016, no. 116, pp. 602–613. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.01.038
- [12] Pastori Z., Borchok Z., Gorbacheva G.A. *Balans CO₂ razlichnykh vidov stenovykh konstruktsiy* [CO₂ balance of different types of wall constructions] *Stroitel'nye materialy* [Building materials], 2015, no. 12, pp. 76–77.
- [13] Grynning S., Gustavsen A., Time B., Jelle B.P. Windows in the buildings of tomorrow: Energy losers or energy gainers?. *Energy and Buildings*, 2013, no. 61, pp. 185–192. DOI: 10.1016/j.enbuild.2013.02.029
- [14] Arici M., Karabay H., Kan M. Flow and heat transfer in double, triple and quadruple pane windows. *Energy and Buildings*, 2015, no. 86, pp. 394–402. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.10.043
- [15] Grynning S., Time B., Uvsløkk S. An overview and some reflections on energy saving potentials by heat loss reduction through the building envelope. Project report to be published within the Research Centre on Zero Emission Buildings, 2011.
- [16] TEK 2010. Technical regulations to the Norwegian building regulations, Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift), 2010. URL: https://lovdata.no/dokument/SFO/forskrift/2010-03-26-489/KAPITTEL_1-1#%C2%A71-1 (accessed 18.12.2018).
- [17] Jaber S., Ajib S. Thermal and economic windows design for different climate zones. *Energy and Buildings*, 2011, no. 43, pp. 3208–3215. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.08.019
- [18] Efimov E.M. *Derevyannoe domostroenie v Rossii: sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya* [Wooden housing construction in Russia: state, problems and prospects of development] *Biznes v zakone. Ekonomiko-yuridicheskiy zhurnal* [Business in law. Economic and legal journal]. 2011, no. 2, pp. 239–241.
- [19] Petrova Z.K. *Problema razvitiya maloetazhnoy zhizneobespechivayushchey zhiloy zastroyki v Rossii i mire* [The problem of development of low-rise life-supporting housing in Russia and abroad] *Gradostroitel'stvo* [Urban planning], 2012, no. 4 (20), pp. 59–66.
- [20] *SNiP 23-02-2003 Stroitel'nye normy i pravila Rossiyskoy Federatsii. «Teplovaya zashchita zdaniy»* [SNiP 23-02-2003 Building codes and regulations of Russian Federation. «Thermal performance of the buildings»]. Moscow: Stroyizdat, 2003, 30 p.
- [21] Vados M. *Épületek hővesztésének integrált energetikai modellezése* (Integral energetic model of thermal loss of buildings). Thesis. Sopron: University of West Hungary, BSc. 2013.
- [22] GWD Engineering 2017. *Rukovodstvo po vyboru topliva sistemy otopleniya* [Guide to choosing fuel heating system]. Available at: <http://www.gwde.ru/articles/rukovodstvo-po-vyboru-topлива-sistemy-otopleniya/> (accessed 27.03.2017).

Authors' information

Pásztor Zoltán — Ph.D, Director of Innovation Center, University of Sopron,
pasztor.zoltan@uni-sopron.hu

Gorbacheva Galina Aleksandrovna — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), gorbacheva@bmstu.ru

Sanaev Victor Georgievich — Dr. Sci.(Tech.), Professor, Head of Department of Wood Science and Technology, Director of BMSTU (Mytishchi branch), rector@mgul.ac.ru

Zoltán Börcsök — Ph.D, Researcher of Innovation Center, University of Sopron,
borcsok.zoltan@uni-sopron.hu

Received 18.03.2019.

Accepted for publication 27.03.2019.