

УДК 630*812

З. ПАСТОРИ, PhD¹ (zoltan.pasztory@skk.nyme.hu), директор инновационного центра,
З. БОРЧОК, PhD¹; Г.А. ГОРБАЧЕВА², канд. техн. наук (gorbacheva-g@yandex.ru)

¹ Западно-Венгерский университет (Венгрия, 9400, Sopron, Bajcsy 4)

² Московский государственный университет леса (141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1)

Баланс CO₂ различных видов стеновых конструкций

Рассматриваются четыре различных типа стеновых конструкций с одинаковым коэффициентом теплопередачи. Приведены значения эмиссии CO₂ в процессе их изготовления. При производстве 1 м² стеновых конструкций происходит значительный выброс CO₂ на 1 м² поверхности стены. При производстве деревянных стеновых конструкций количество связанного углерода, выделяемого при производстве, меньше, чем количество углерода, содержащегося в материалах, из которых изготовлена стена. Сделан вывод об экологичности и энергоэффективности каркасных и деревянных зданий. Показано, что при производстве деревянных конструкций выделяется наименьшее количество CO₂ по сравнению с рассмотренными вариантами.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергоемкость, экологичность, деревянные стеновые конструкции, накопление углерода, баланс CO₂ стеновых конструкций, деревянные каркасные здания, деревянные дома.

Z. PASTORI, PhD¹ (zoltan.pasztory@skk.nyme.hu), Director of Innovation Center,

Z. BORCHOK, PhD¹; G.A. GORBACHEVA², Candidate of Sciences (Engineering) (gorbacheva-g@yandex.ru)

¹ University of West Hungary (4. Bajcsy-Zsilinszky Street, Sopron 9400 Hungary)

² Moscow State Forest University (1, 1st Institutskaya Street, 141005, Mytischki, Moscow Region, Russia)

Balance of CO₂ of Different Types of Wall Structures

Four different types of wall structures with the same heat transfer coefficient are considered. Values of the CO₂ emission during the process of their manufacturing are presented. It is shown that in the course of manufacture of 1.0 m² of wall structures the significant emission of CO₂ per 1.0 m² of wall surface takes place. In the course of production of timber wall structures, the amount of tied carbon emitted during the manufacturing is lesser than the amount of carbon contained in materials which the wall is made of. The conclusion about ecological friendliness and energy efficiency of frame and timber buildings is made. It is shown that in the course of timber structures manufacturing the least amount of CO₂ is emitted comparing with the variants considered.

Keywords: energy efficiency, energy consumption, ecological friendliness, timber wall structures, accumulation of carbon, balance of CO₂ of wall structures, timber frame buildings, timber houses.

В последнее время изменения климата носят глобальный характер и являются общемировой проблемой. Большинство ученых сходятся во мнении, что изменение климата является результатом антропогенной деятельности [1]. Углекислый газ – самый сильный по воздействию на климат неконденсируемый парниковый газ. Согласно докладу МГЭИК (Межправительственная группа экспертов ООН по изменению климата) по сравнению с 1750 г. отмечается увеличение концентрации CO₂ в атмосфере на 35%. Поскольку для углекислого газа не существует сравнимых по эффективности механизмов удаления из атмосферы, для предотвращения катастрофической дестабилизации климата необходимо ограничить суммарное количество CO₂ в атмосфере. Увеличение концентрации углекислого газа является в первую очередь следствием потребления и сжигания ископаемых источников энергии, таких как нефть, газ,

уголь [2, 3]. Вторым по величине источником выбросов углекислого газа является жилищный сектор. Снижение энергопотребления, повышение энергоэффективности зданий являются главными инструментами снижения выбросов CO₂ в данном секторе. Значительными источниками выбросов углекислого газа являются также строительство и снос жилых домов. Энергетические затраты на производство строительных материалов называются энергоемкостью, которая соответственно означает эмиссию CO₂. Цель исследования – оценка эмиссии углекислого газа для различных типов стен. Данное исследование не касается других частей здания, таких как крыша, фундамент, окна и полы. Представленная работа является частью исследования, выполненного в рамках проекта Environment conscious energy efficient building TAMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068, финансируемого Европейским союзом и European Social Foundation.

Таблица 1

Виды стеновых конструкций

№ слоя	Кирпичная стена	Бетонная стена, возводимая с применением несъемной опалубки	Каркасная стена	Стена из клееного бруса с дополнительной внутренней изоляцией
1	15 мм цементно-известковая штукатурка	15 мм цементно-известковая штукатурка	12,5 мм гипсокартон	20 мм деревянная обшивка
2	440 мм кирпич	50 мм графитизированный полистирол	30 мм воздушный зазор 30 мм обрешетка	30 мм воздушный зазор, 30 мм обрешетка
3	10 мм раствор	150 мм монолитный бетон	пароизоляция (лист бумаги)	12 мм паропроницаемая древесная плита
4	50 мм полистирол	200 мм графитизированный полистирол	80 мм целлюлозный утеплитель 80 мм прогон	210 мм целлюлозный утеплитель, 210 мм прокладка
5	2 мм штукатурка	5 мм дышащая штукатурка	12 мм паропроницаемая древесная плита	180 мм клееный брус из древесины ели
6			160 мм целлюлозный утеплитель 160 мм стойка каркаса	
7			50 мм теплоизоляционная плита на основе целлюлозы	
8			5 мм дышащая штукатурка	

Таблица 2

Количество CO₂ в различных типах стен

Виды стеновых конструкций	Кирпичная стена	Бетонная стена, возводимая с применением несъемной опалубки	Каркасная стена	Стена из клееного бруса с дополнительной внутренней изоляцией
Эквивалент CO ₂ , кг CO ₂ /1 м ² стены	+84, 449	+65,546	-25,479*	-67,785*

* Отрицательные значения показывают, что стеновая конструкция может накапливать больше углерода, чем количество, которое выделяется при ее изготовлении.

Материалы и методы

Для четырех различных типов стен проведен сравнительный анализ энергетических затрат на производство. В табл. 1 приведены расположение слоев в стеновых конструкциях от внутреннего к наружному.

Для того чтобы различные стеновые конструкции были сопоставимы, они должны иметь одинаковые тепловые свойства. В данном исследовании принято значение коэффициента теплопередачи 0,13 Вт/(м²·К). Расчеты толщины слоя в стене выполнены с использованием программного обеспечения WinWatt для строительной физики и энергетики. Требуемый коэффициент теплопередачи получен при варьировании толщины теплоизоляционного слоя в стеновых конструкциях, пока вся конструкция не достигала заданного значения. Причина, по которой выбрано довольно низкое значение коэффициента теплопередачи, обусловлена требованиями европейского законодательства для пассивных домов, которые должны соблюдаться уже в ближайшем будущем. Одним из критериев пассивных домов является величина удельного расхода тепловой энергии. Максимальное значение не должно превышать 15 кВт·ч/м² в год, что требует действительно высокого термического сопротивления стены [4].

Существуют строительные материалы, которые могут накапливать значительные объемы углерода за счет его поглощения в течение жизненного цикла [5, 6, 1, 8].

Абсолютно сухая древесина содержит около 50% углерода. Проведение несложных расчетов показывает, что необходимо выделить из атмосферы 1870 кг CO₂, чтобы получить около 1 т древесины.

В [7–9] приведены результаты исследований энергоёмкости домов.

Результаты и обсуждение

Энергия, потребляемая в течение производственного процесса, выражена в CO₂ эквиваленте. Рассчитывался эквивалент накопленного CO₂, затем определялся окончательный CO₂ эквивалент (кг CO₂/1 м² стены) путем вычитания накопленного CO₂ эквивалента из энергоёмкости, выраженной в CO₂ эквиваленте. Значения углеродного эквивалента были рассчитаны по методике и данным, принятым в Венгрии (Tiderenczl G., Medgyasszay P., Szalay Z., Zorkóczy Z. Építési anyagok építésökölógiai és biológiai értékelése. 2007. <http://www.foek.hu/korkep/0-0-7-1-.html> (date of access 10.10.14), и представлены в табл. 2.

При производстве кирпичной стеновой конструкции расходуется значительное количество энергии, поэтому при возведении этих типов стен будет выделяться повышенное количество углекислого газа в атмосферу. Эти материалы не способны накапливать углерод, что повышает значение CO₂ эквивалента. При изготовлении стен из возобновляемого материала – древесины баланс будет отрицательным из-за благоприятного соотношения содержания углерода в древесине и небольших затрат энергии, необходимой для ее обработки [4, 10].

Бревенчатые дома содержат больше древесины, чем каркасные. Вместе с тем тепловая эффективность каркасных стен выше, поскольку пространство между стойками каркаса заполняется изоляционными материалами.

Заключение

Количественная оценка эмиссии углекислого газа при производстве различных стеновых конструкций необходима при учете антропогенных выбросов парниковых газов. Проведенные исследования показали, что каркасные и деревянные здания сохраняют больше углерода по сравнению с энергетическими затратами на их производство, поэтому данные типы строительных конструкций являются наиболее экологичными. Сочетание традиционного возобновляемого материала – древесины и современных изоляционных материалов обеспечивает необходимую энергоэффективность здания, обусловленную требованиями европейского законодательства. В странах Северной Америки и Скандинавии разработан комплекс мер, стимулирующих использование древесины при строительстве зданий. Традиционно в Венгрии и России кирпичные здания имеют широкое распространение, следовательно, имеется дополнительный высокий потенциал накопления углерода. Намечившаяся в последнее время тенденция увеличения доли деревянного домостроения может быть усилена при проведении специальных мер поддержки со стороны государства.

Список литературы / References

1. IPCC Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. *Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2014.
2. Omer A.M., Energy use and environmental impacts. A general review. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 2009. No. 1. Article Number: 053101.
3. Zecca A., Chiari L. Fossil-fuel constraints on global warming. *Energy Policy*. 2010. No. 38, pp. 1–3.
4. Upton B., Miner R., Spinney M., Heath L.S. The greenhouse gas and energy impacts of using wood instead of alternatives in residential construction in the United States. *Biomass and Bioenergy*. 2008. No. 32, pp. 1–10.
5. Bribián I.Z., Capilla A.V., Usón A.A. Life-cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*. 2001. No. 46, pp. 1133–1140.
6. Shukla A., Tiwari G.N., Sodha M.S. Embodied energy analysis of adobe house. *Renewable Energy*. 2009. No. 34, pp. 755–761.
7. Hammond G. P., Jones C. I. Embodied energy and carbon in construction materials. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Energy*. 2008. No. 161 (2), pp. 87–98.
8. Karjalainen T., Kellomäki S., Pussinen A. Role of wood-based products in absorbing atmospheric carbon. *Silva Fennica*. 1994. No. 28 (2), pp. 67–80.
9. Reddy B.V.V., Jagadish K.S. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. *Energy and Buildings*. 2003. No. 35, pp. 129–137.
10. Pingoud K., Perälä A.L., Pussinen A. Carbon dynamics in wood products. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2001. No. 6, pp. 91–111.