

УДК 504.05:69

*А.Д. Жуков, Т.В. Смирнова,
Н.В. Наумова, Р.М. Мустафаев*

СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Экономия энергии, сокращение выбросов углекислого газа, сохранение природной среды являются актуальными вопросами современного строительства. Ориентированное на будущее, экологически устойчивое строительство (ЭУС) означает необходимость в полной мере учитывать вопросы охраны окружающей среды, экологии и социальной защиты в процессах планирования и выполнения работ. Системы ЭУС реализованы в проектах, инициируемых ведущими фирмами, производящими теплоэффективные строительные изделия, в частности блоки из автоклавного газобетона и изделия широкой номенклатуры на основе каменной ваты.

Ключевые слова: теплоизоляция, теплоэффективность, пористость, долговечность здания, ячеистый бетон, каменная вата.

Концепция экологически устойчивого строительства (ЭУС) включает требования к материалам, строительным системам, в которых эти материалы используются, технологии ведения работ, архитектурно-планировочным решениям и системам инженерного обеспечения.

Строительные материалы должны иметь невысокую теплопроводность, не содержать опасных для здоровья веществ, оставаясь при этом прочными и сохраняющими эксплуатационную стойкость, обеспечивать звукоизоляцию помещений и пожарную безопасность. Технологические процессы организуют таким образом, чтобы минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду.

Строительная система должна быть энергоэффективной и ориентированной на создание изоляционной оболочки здания с минимальными мостиками холода и наибольшей долговечностью. Экономия тепла за счет сокращения потерь через оболочку здания должна в экономически оправданные сроки окупать энергетические затраты на изготовление материалов и их монтаж в системах изоляции.

Проекты индивидуальных домов могут основываться на типовых решениях или предусматривать специальные архитектурно-планировочные элементы. Обязательно использование теплосберегающего остекления, входных тамбуров. Целесообразно использование специального инженерного обеспечения: тепловых насосов, систем подогрева пола, вентиляции и кондиционирования, фотоэлектрических элементов и автоматизированных систем контроля.

Корректность монтажа конструкций обеспечивается, с одной стороны специальной подготовкой персонала (через системы учебных центров или партнерства), а с другой — контролем выполнения работ, в т.ч. и независимыми экспертами.

Основой для любых системных решений и реализации проектов ЭУС является наличие материалов, соответствующих нормам EcoMaterial. Система добровольной сертификации продукции стройиндустрии EcoMaterial построена на базе экологического рейтингового стандарта EcoMaterial 1.3 с учетом законодательных актов РФ, ISO 14024, передовых разработок Всемирной организации здравоохранения, рекомендаций международных организаций по зеленому строительству, стандартов DGNB, BREEAM и LEED.

*A.D. Zhukov, T.V. Smirnova,
N.V. Naumova, R.M. Mustafaeв*

SYSTEMS OF ECOLOGICALLY STABLE CONSTRUCTION

Energy saving, reduction of carbon dioxide emission, preserving environment are topical issues of modern construction. Future-oriented, ecologically stable construction (ESC) means the necessity to consider the questions of environmental protection, ecology and social protection in the process of planning and performing the works. The systems of ESC are realized in the projects initiated by the leading companies producing heat-efficient construction products and in particular autoclave gas concrete blocks and wide range of products on the basis of rock wool.

Key words: heat proof, heat efficiency, porosity, life of the building, foam concrete, rock wool.

В действующей версии 1.3 большое внимание уделено аспектам жизненного цикла продукции и экологическим показателям заводов-производителей. EcoMaterial оценивает не только материал и декларации, как многие маркировки, но и проводит верификацию предоставленных документов и заявлений — выезжая с аудитом на заводы, оценивает динамику работы завода: рассчитывает показатели по выбросам, сбросам, энергоэффективности. По стандарту сертифицировано более 45 типов продукции (торговых марок) и более 150 видов (наименований) строительных материалов. Рейтинг каждого вида продукции позволяет проводить сравнительную оценку продуктов.

Экологический стандарт EcoMaterial состоит из трех разделов. В первом разделе «Санитарно-гигиенический аспект (влияние на здоровье человека)» оценивается, насколько материал безопасен для человека. Проводятся радиологические, электромагнитные, химические, токсикологические измерения и лабораторные исследования. Второй раздел оценивает комплексное воздействие материала и его производства на окружающую среду. В третьем разделе «Экологическая ответственность производителя» содержатся критерии по пропаганде зеленых решений и тенденций, поддержке социальных экопроектов и т.д. Существует несколько уровней стандарта в зависимости от полученных баллов и особенностей материалов: EcoMaterial Basis — материал безопасен для человека; EcoMaterial Green — материал безопасен для человека и окружающей среды; EcoMaterial Absolut — экологически чистый материал; EcoMaterial Natural — абсолютно натуральный материал (наивысший по рейтингу, набравший наибольшее количество баллов).

Современный подход к нормированию теплозащиты здания основан на рассмотрении здания как полной энергетической системы. Этот подход предполагает нормирование энергопотребления здания в целом, а не ограничение теплового потока через отдельные ограждающие конструкции (наружные стены, крыша, пол). Чтобы исключить опасность достижения заданного энергопотребления за счет снижения комфортного микроклимата, вводятся дополнительные требования по условиям комфорта.

Таким образом, при проектировании здания поэлементное нормирование обеспечивает требования к теплозащите отдельных ограждающих конструкций, а системное нормирование может обязать проектировщика выбрать более высокие требования к теплоизоляции с целью удовлетворить требования по энергопотреблению.

Условия комфорта формируются температурной обстановкой в помещении: температурой внутреннего воздуха и температурой поверхностей всех ограждений помещения. Основным показателем тепловой комфортности внутренней среды является средняя результирующая температура в помещении. Так в российском стандарте оптимальная величина средней результирующей температуры для жилых помещений находится в интервале 19...20 °С (при минимально допустимом значении 17 °С).

За основу системного нормирования взят показатель удельных энергозатрат на отопление здания, для которого определяют теплозащитные свойства совокупности ограждающих конструкций или оболочки здания. В российских нормативах под удельным расходом тепловой энергии на отопление здания $q_{уд}$, Вт·ч/(м²·°С·сут), понимают количество теплоты за отопительный период, отнесенное к 1 м² общей отапливаемой площади здания и градусо-суткам, представляющим произведение разности температуры внутреннего воздуха и средней температуры наружного воздуха за отопительный период на его продолжительность. Таким образом, предложенный норматив лучше всего отражает действительное энергопотребление, потому что не зависит от климатических условий: одно и то же здание, построенное в различных климатических регионах и с разным уровнем теплозащиты, имеет приблизительно одинаковое удельное энергопотребление.

Корпорации и производственные объединения, производящие эффективные по теплофизическим характеристикам материалы, являются одновременно и инициаторами разработки строительных систем на основе этих материалов, а также проектных решений и строительства объектов, соответствующих нормам ЭУС.

Концепция EnergieWertHaus. Концепция EnergieWertHaus разработана совместно компаниями YTONG и Valliant. В основе этой концепции сочетание монолитных ограждающих конструкций из газобетона YTONG и ресурсосберегающих систем отопления Valliant (на основе возобновляемых источников энергии). Концепция предполагает наличие сети строительных партнеров и квалифицированных экспертов.

В рамках концепции EnergieWertHaus осуществляется детальная проработка архитектурных решений с целью ликвидации потенциальных мостиков холода и создания идеальной изоляционной оболочки. Монолитная стена YTONG теплопроводностью 0,08 Вт/(м·К) (рис. 1) дополняется при этом изоляцией крыши из газобетона. Материал YTONG соответствует стандарту EcoMaterial Absolut.



Рис. 1. Коттеджи из газобетона YTONG: *а* — кладка стен; *б* — финишная отделка

Концепция предполагает использование специальных инженерных систем. Так, совместно с тепловым насосом устанавливаются отопление стен и подогрев пола, система вентиляции, фотоэлектрические элементы и окна с трехслойным остеклением. Расчетные затраты на отопление дома площадью в 250 м² составляют 300...350 евро в год. Для контроля всех имеющихся функций и удобства быстрого регулирования настроек в офисном помещении, здания дополнительно оснащают электрической системой контроля. Жилое строение соответствует всем требованиям энергоэффективного дома и отвечает необходимым критериям KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau).

Концепция EnergieWertHaus ставит на передний план вопросы энергоэффективного строительства. Совместно с требованиями к энергоэффективности зданий большое значение приобретают и вопросы обеспечения должного контроля над ходом строительных работ. В случае KfW-Energiehaus 55 или 40 предусмотрено обязательное подтверждение контроля над проектированием и строительством со стороны независимого эксперта. Застройщики, сделавшие свой выбор в пользу EnergieWertHaus, получают требуемое подтверждение качества строительства уже при помощи сертификации комбинации YTONG и Valliant.

Концепция Rockwool. Разработка безопасных и долговечных зданий с низким энергопотреблением является приоритетным направлением в деятельности компании Rockwool. Каменная вата компании стала первой в России теплоизоляцией, получившей не только все обязательные сертификаты, но и знак экологической безопасности EcoMaterial Green. Решения Rockwool подтверждают возможность строительства подобных зданий при незначительном увеличении стоимости возведения.

Одним из первых проектов компании Rockwool в сфере ЭУС стало строительство собственного офисного здания — исследовательского центра в Дании (рис. 2), — соответствующего принципам энергетической эффективности и устойчивого развития. С тех пор компания накопила огромный опыт как в строительстве, так и в реконструкции зданий разного назначения с низким энергопотреблением и комфортным микроклиматом.

Проекты, реализованные в России (рис. 3), — частные дома Green Balance (Московская область) и Natural Balance (Республика Татарстан). Они демонстрируют, что энергоэффективное строительство экономически выгодно, доступно и одинаково применимо в зданиях с различным дизайном: оригинальным и традиционным.



Рис. 2. Здание исследовательского центра (Дания)

Отношение площади ограждающих конструкций к полезной площади дома меньше, чем в традиционных домах, таким образом, достигнуто уменьшение площади поверхности ограждающих конструкций, с которой уходит тепло.



a



б

Рис. 3. Энергоэффективные коттеджи: *a* — Green Balance (Московская область); *б* — Natural Balance (Татарстан)

Площадь остекления составляет 40 % от общей площади. Пятикамерный профиль окна имеет высокое сопротивление теплопередаче. Двойные стеклопакеты заполнены инертным газом, внутреннее стекло имеет низкоэмиссионное покрытие, снижающее теплообмен. Полностью стеклопакет в раме обеспечивает сопротивление теплопередаче $0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Наклонное остекление улавливает большее количество теплоты. Остекление южной стены под тупым углом к горизонту намного более соответствует требованиям отопительной нагрузки. Оно эффективно зимой, когда солнце находится низко над горизонтом, и позволяет уменьшить поступление солнечного тепла, когда солнце находится вблизи зенита в летнее время. Входные двери 1 и 2-го этажей дома оснащены тамбурами. Сами двери имеют повышенное сопротивление теплопередаче.

Отопление и горячее водоснабжение дома Green Balance обеспечивается индивидуальной котельной, котел комбинированный — твердотопливный с возможностью установки газовой или дизельной горелки с высоким КПД. Водяная система отопления представлена традиционными радиаторами. Помещение первого этажа дополнительно отапливается за счет водяного теплого пола. Частично для отопления используется тепловое излучение, получаемое встроенным подогревом поверхности стен.

В холодное время года необходимый воздухообмен осуществляется системой вентиляции с рекуператором тепла. Эффективность рекуператора — 85 %. Затраты на работу двигателя в 10...15 раз меньше сберегаемого с его помощью тепла. Такая

система обеспечивает поддержание в помещении необходимой влажности и надежное удаление загрязненного воздуха. В доме установлены приборы учета энергии с целью проведения мониторинга в течение длительного периода времени.

Natural Balance — это одноэтажное здание с жилой мансардой. Общая площадь дома — 186 м²; жилая площадь дома — 100 м². В соответствии с действующими строительными нормами уровень потребления энергии на отопление такого дома составляет 175 кВт·ч на м² в год. Энергопотребление *Natural Balance* — 37,3 кВт·ч на м² в год.

Конструкции и материалы. Первое, с чего начинается создание энергоэффективного дома — это предотвращение напрасного расхода энергии, сокращение ее потерь, т.е. создание непрерывной теплозащитной оболочки, надежно защищающей дом от ухода тепла. Следующий шаг — применение технологий и оборудования с низким энергопотреблением и использование альтернативных источников энергии. При реализации проекта *Natural Balance* компания *Rockwool* выступила поставщиком решений на основе каменной ваты для создания здания традиционного дизайна с низким энергопотреблением, комфортным микроклиматом.

Наружная облицовка стен осуществлена плитами Rockpanel, изготовленными из волокон каменной ваты, спрессованных с небольшим количеством связующего. Плиты имеют низкую массу, гидрофобизированы, не изменяют размеры под действием влаги и температуры. Плиты могут быть изготовлены любой длины в следующих промежутках: 2500...3050 мм, 1700...2000 мм; ширина до 1250 мм. *Rockpanel* легко изгибаются и моделируются, успешно прошли пожарные испытания по ГОСТ 31251—03, являются огнестойким материалом. Конструкция относится к классу K0 (непожароопасная).

Плиты *Durable* применяют на основной площади фасада и подшивке кровель; плиты *Xtreme* — когда требуется дополнительная прочность плит, обычно вблизи уровня земли (цоколь здания). Плиты покрываются слоем краски на водной основе. Плиты *Rockpanel* устойчивы к воздействию ультрафиолетовых лучей. Защитный слой *Protect Plus* дает плитам дополнительную устойчивость к воздействию ультрафиолета, а также погодных условий и граффити.

При проектировании и строительстве дома *Natural Balance* большое внимание уделялось качественному утеплению всех конструкций и минимизации «мостиков холода».

Фундамент. Полы 1-го этажа устроены по подготовленному грунту, утеплены плитами *Флор Баттс* толщиной 150 мм с устройством цементной стяжки с армирующей сеткой. Сопротивление теплопередаче через основание 3,6 м²·°С/Вт.

Все наружные стены выполнены из газобетонных блоков толщиной 400 мм, утеплены снаружи плитами *Венти Баттс Д* толщиной 150 мм с устройством навесного вентилируемого фасада. Сопротивление теплопередаче 5,2 м²·°С/Вт.

Фасад дома облицован защитными декоративными панелями *Rockpanel* на основе каменной ваты. Из многообразия оттенков для фасада был выбран натуральный цвет каменной ваты, подчеркивающий экологичность дома.

Скатная крыша утеплена плитами *Лайт Баттс* толщиной 250 мм, уложенными в два слоя перпендикулярно друг другу для ликвидации теплопроводных включений, которыми являются деревянные несущие элементы крыши. Сопротивление теплопередаче 6,1 м²·°С/Вт.

Все изделия из каменной ваты *Rockwool* гидрофобизированные и негорючие (НГ). *Жесткие плиты Флор Баттс* предназначены для устройства акустических плавающих полов, а также для тепловой изоляции полов по грунту, перекрытий над холодными подвалами и подпольями. Плиты *Флор Баттс* обладают динамическими характеристиками, отвечающими требованиям по защите от шума.

Плиты Венти Баттс Д имеют комбинированную структуру и состоят из жесткого верхнего (наружного) и более легкого нижнего (внутреннего) слоев. Благодаря этому плиты имеют меньшую плотность, удобны при монтаже и используются в качестве теплоизоляционного слоя в фасадных системах с вентилируемым воздушным зазором. Благодаря плотному верхнему слою, более 90 кг/м³, плита *Венти Баттс Д* может устанавливаться без дополнительной ветрозащитной пленки.

Плиты Лайт Баттс предназначены для применения в качестве ненагружаемого теплоизоляционного слоя в конструкциях легких покрытий, мансардных помещений, перегородок, междуэтажных перекрытий, стен малоэтажных строений, включая вертикальные и наклонные стены в мансардах. Лайт Баттс с технологией Флекси плотно примыкает к конструкции без образования щелей. В помещении сохраняется комфортная температура и не образуются сквозняки.

Звукопоглощающие плиты Акустик Баттс разработаны специально для обеспечения необходимой звукоизоляции конструкций, где нет механической нагрузки на материал.

В доме установлены *энергосберегающие окна*. Пятикамерный профиль окна толщиной 76 мм имеет высокое сопротивление теплопередаче. Двойные стеклопакеты с заполнением инертным газом, внутреннее стекло с низкоэмиссионным покрытием так же снижают теплообмен. Такое окно обеспечивает сопротивление теплопередаче $R = 0,79 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Поскольку дом расположен в Северном полушарии, значительная часть окон ориентирована на юг, что позволяет максимально использовать естественное освещение.

Отопление и горячее водоснабжение дома Natural Balance (рис. 4) обеспечивается геотермальным насосом. Принцип работы такого насоса аналогичен принципу работы обычного бытового холодильника. Жидкий теплоноситель под давлением поступает в испаритель, где за счет резкого уменьшения давления происходит испарение жидкости и превращение ее в пар. При этом теплоноситель резко остывает и забирает тепло из окружающей среды — земли. Затем компрессор засасывает из испарителя теплоноситель в виде пара, сжимает его (повышает давление), за счет чего температура теплоносителя повышается, потом он выталкивается в конденсатор. В конденсаторе нагретый в результате сжатия теплоноситель остывает, отдавая тепло во внешнюю среду (нагревает воду для системы отопления), и конденсируется, т.е. превращается в жидкость. Затем процесс повторяется вновь.



Рис. 4. Схема отопления и горячего водоснабжения (ГВС)

На участке рядом с домом пробурено 10 скважин глубиной 35 м. На такой глубине температура грунта круглый год остается постоянной — около 15 °С. В эти скважины проложены грунтовые теплообменники — грунтовые зонды, которые отбирают тепло земли и передают его в контур отопления и приготовления горячей воды.

В доме нет традиционных радиаторов, отопление происходит за счет водяного теплого пола (низкотемпературная система отопления), который поддерживает комфортную, регулируемую температуру во всех помещениях.

Энергопотребление дома Natural Balance составляет 37,3 кВт·ч на м в год, что на 78,5 % меньше нормативного. Дому можно присвоить класс энергетической эффективности «А» (очень высокий). Показатели энергоэффективности дома Natural Balance достигаются за счет снижения потребности в отоплении. Применение энергоэффективных технологий увеличило стоимость строительства на 22,2 %. Однако за счет экономии энергозатрат на отоплении и горячем водоснабжении годовая экономия составляет 22125 р. При этом предотвращение выбросов CO₂ составляет 11,8 т/год.

Строительство домов Green Balance и Natural Balance подтвердило, что минимизация энергозатрат возможна, во-первых, за счет качественной теплоизоляции, применения и реализации грамотных конструктивных решений, во-вторых, за счет использования современных технологий остекления и инженерного обеспечения.

Теплоизоляция Rockwool толщиной от 150 до 250 мм для стен, пола, крыши и оптимальные конструктивные решения стали ключевым элементом для достижения

низкого энергопотребления. Благодаря этому в доме отпала необходимость в традиционной системе отопления. Обогрев и горячее водоснабжение здания обеспечивается геотермальным насосом. В доме нет радиаторов, используется водяной тепловой пол (низкотемпературная система отопления). Дом Natural Balance подтверждает отсутствие преград для развития энергоэффективного строительства в России. Это осуществимо и экономически выгодно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бессонов И.В., Старостин А.В., Оськина В.М. О формостабильности стекловолоконного утеплителя // Вестник МГСУ. 2011. № 3. Т. 2. С.134—139.
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Математическая модель и инженерный метод расчета влажностного состояния ограждающих конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2006. № 2. С. 60—63.
3. Жуков А.Д., Смирнова Т.В., Чугунков А.В. Перенос тепла в высокопористых материалах // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3(23). Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru>.
4. Жуков А.Д., Чугунков А.В., Химич А.О. Неавтоклавный малоусадочный ячеистый бетон для монолитных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 3. С. 21—23.
5. Комплексный анализ в технологии газобетона / А.Д. Жуков, А.В. Чугунков, А.О. Химич, А.О. Еременко, Н.А. Копылов // Вестник МГСУ. 2013. № 7. С. 167—175.
6. Kouthý J., Borkovec L. Linkanavirobulamelevých, skružovatelný pásu. Novinky pozemního stavitelství. 1981, vol. 15, no. 12, pp. 25—28
7. Rex J. Laminated heat insulating product (Rex Roto Corp.). Pat. USA, № 3395068, cl. 161—156.
8. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В. Теплопроводность высокопористых материалов // Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 108—114
9. Сахаров Г.П., Стребицкий В.П., Воронин В.А. Новая эффективная технология неавтоклавного поробетона // Строительные материалы оборудование и технологии XXI века. 2002. № 6. С. 28—29.
10. Vos B., Boekwijt W. Ausfüllung des Hohlraumes in bestehenden hohlmauern. Gesundheits-Ingenieur. 1974, no. 4, pp. 36—40.

REFERENCES

1. Bessonov I.V., Starostin A.V., Os'kina V.M. O formostabil'nosti steklovoloknistogo uteplitel'ya [About Stability of the Form of Glass-fiber Thermal Insulating Products]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2011, no. 3, vol. 2, pp. 134—139.
2. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Matematicheskaya model' i inzhenernyy metod rascheta vlazhnostnogo sostoyaniya ograzhdayushchikh konstruksiy [Mathematical Model and Engineering Calculation Method of the State of Enclosing Structures]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academy. Architecture and Construction]. 2006, no. 2, pp. 60—63.
3. Zhukov A.D., Smirnova T.V., Chugunkov A.V. Perenos tepla v vysokoporistykh materialakh [Heat Trabsition in High-Strength Materials]. *Internet-Vestnik VolgGASU. Seriya: Politematicheskaya* [Internet Journal of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Polythematic Series]. 2012, no. 3(23). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru>.
4. Zhukov A.D., Chugunkov A.V., Khimich A.O. Neavtoklavnyy malousadochnyy yacheistyuy beton dlya monolitnykh konstruksiy [Non-autoclave Shrink-resistant Foam Concrete for Monolithic Structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2013, no. 3, pp. 21—23.
5. Zhukov A.D., Chugunkov A.V., Khimich A.O., Eremenko A.O., Kopylov N.A. Kompleksnyy analiz v tekhnologii gazobetona [Complex Analysis in Gas Concrete Technology]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 7, pp. 167—175.
6. Kouthý J., Borkovec L. Linkanavirobulamelevých, skružovatelný pásu. Novinky pozemního stavitelství. 1981, vol. 15, no. 12, pp. 25—28
7. Rex J. Laminated Heat Insulating Product (Rex Roto Corp.). Pat. USA, № 3395068, cl. 161—156.
8. Rumyantsev B.M., Zhukov A.D., Smirnova T.V. Teploprovodnost' vysokoporistykh materialov [Thermal Conductivity of Highly Porous Materials]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 3, pp. 108—114

9. Sakharov G.P., Strebitskiy V.P., Voronin V.A. Novaya effektivnaya tekhnologiya neavtoklavnogo porobetona [New Efficient Technology of Non-Autoclave Porous Concrete]. *Stroitel'nye materialy, obrudovanie i tekhnologii XXI veka* [Construction Materials, Equipment and Technologies of the 21st Century]. 2002, no. 6, pp. 28—29.

10. Vos B., Boekwijt W. Ausfüllung des Hohlraumes in bestehenden hohlmauern. *Gesundheits-Ingenieur*. 1974, no. 4, pp. 36—40.

Поступила в редакцию в октябре 2013 г.

Об авторах: **Жуков Алексей Дмитриевич** — кандидат технических наук профессор кафедры технологии композиционных материалов и прикладной химии, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, taurusj@rambler.ru;

Смирнова Татьяна Викторовна — аспирант кафедры технологии композиционных материалов и прикладной химии, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; руководитель отдела проектирования и технической поддержки, **ЗАО «Минеральная вата»**, tatyana.smirnova@rockwool.ru;

Наумова Наталья Владимировна — руководитель отдела технической поддержки, **Кселла-Аэроблок-Центр**, umka-25@mail.ru;

Мустафаев Руслан Мустафаевич — студент, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; специалист учебного центра, **корпорация ТехноНИКОЛЬ**, ruslanmustafaev91@gmail.com

About the authors: **Zhukov Aleksey Dmitrievich** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Technology Composite Materials and Applied Chemistry, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; taurusj@rambler.ru;

Smirnova Tat'yana Viktorovna — Department of Technology Composite Materials and Applied Chemistry, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, chair, Department of Design and Technical Support, **Closed Corporation «Mineral'naya vata»**, postgraduate student, 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; tatyana.smirnova@rockwool.ru;

Naumova Natal'ya Vladimirovna — head, Department of Technical Support, **KsellAeroblok-Tsentr**; umka-25@mail.ru;

Mustafaev Ruslan Mustafaevich — student, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, **TekhnoNIKOL' Corporation**; ruslanmustafaev91@gmail.com

Для цитирования:

Системы экологически устойчивого строительства / А.Д. Жуков, Т.В. Смирнова, Н.В. Наумова, Р.М. Мустафаев // Строительство: наука, образование. 2013. Вып. 3. Ст. 4. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Zhukov A.D., Smirnova T.V., Naumova N.V., Mustafaev R.M. Sistemy ekologicheskii ustoychivogo stroitel'stva [Systems of Ecologically Stable Construction]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2013. no. 3, paper 4. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.