

УДК 692:691.002:658.562
DOI: 10.17223/24135542/14/4

А.А. Пак, Р.Н. Сухорукова, А.И. Николаев

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр Российской академии наук» (Апатиты, Россия)*

Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций зданий и контроль качества строительных материалов и изделий

Арктическая зона Российской Федерации располагает несметными природными богатствами. Производственная деятельность промышленных предприятий, занятых добычей и переработкой природного сырья, неизбежно сопровождается образованием колоссальных объемов техногенных отходов, наносящих экологический ущерб окружающей среде. В суровых климатических условиях Арктической зоны повышаются актуальность и востребованность энергоэффективных теплозащитных строительных материалов, высокотехнологичных в производстве, с улучшенными эксплуатационными свойствами, максимальным использованием местного природного и техногенного сырья. В результате выполненных экспериментальных исследований разработана технология и определены физико-механические свойства многослойного композиционного материала на основе газобетона и пенополистирола, обладающего технологическими преимуществами и улучшенными физико-механическими свойствами. В статье подчеркнута важность и необходимость системного контроля качества исходных сырьевых материалов и строительных изделий, обследования эксплуатируемых зданий и сооружений для оценки их соответствия требованиям нормативных документов. Приведена информация о деятельности Кольского испытательного центра строительных материалов и изделий и дан анализ известных методов контроля прочности бетона неразрушающими методами.

Ключевые слова: *техногенное сырье, энергоэффективные композиционные материалы, полистиролгазобетон, физико-механические свойства, методы неразрушающего контроля прочности бетона.*

Введение

Программа научно-технических проблем освоения и развития Арктической зоны Российской Федерации, построения дорожной карты отечественного арктического материаловедения изложены в работах [1, 2]. Мурманская область является одним из крупнейших регионов с наиболее развитой инфраструктурой и промышленным потенциалом. Требования к арктическому материаловедению и контролю состояния строительных объектов изложены в работах [3–5].

Кольский полуостров по содержанию и запасам природных минеральных и металлургических материалов уступает только Уралу. Действующие горнодобывающие, металлургические и обогащательные предприятия выпускают важнейшие и необходимые народному хозяйству продукты: апатитовые, нефелиновые, железорудные и редкоземельные концентраты, цветные металлы (медь, никель, кобальт, алюминий), нерудные строительные материалы (природный камень, щебень, песок, вермикулит, слюды).

В процессе добычи, переработки и обогащения природных полезных ископаемых образуются колоссальные объемы вскрышных пород, побочных продуктов и техногенных отходов, наносящих вред здоровью людей и окружающей среде. Расширение производственной деятельности горнодобывающих и перерабатывающих предприятий в условиях ухудшения горно-геологической обстановки (снижение содержания основных полезных продуктов, увеличение глубины залегания рудных ископаемых) приводит к ежегодному увеличению запасов промышленных отходов. Тем не менее у нас в стране не уделяется должного внимания утилизации зачастую ценных отходов и производству на их основе эффективных строительных и технических материалов. Большая часть добываемого в Мурманской области природного сырья направляется в другие регионы страны на переработку и частично возвращается в виде готовых стратегических и строительных материалов, но уже со значительным удорожанием с учетом затрат на производство и транспортировку. Такая стратегия крайне невыгодна и ущербна для региона. Необходимо максимально использовать местное природное и техногенное сырье и производить в районе его добычи готовую к применению продукцию. Такая стратегия технико-экономического развития региона требует иного подхода к строительной индустрии с организацией производства высокотехнологичных и энергоэффективных материалов и конструкций с максимальным использованием местного и техногенного сырья.

Известно, что в Российской Федерации доля тепловой энергии, затрачиваемой на отопление зданий, составляет примерно 34%, тогда как в западных странах не превышает 20–22% [5, 6]. Если в США теплотери в расчете на 1 м² жилья составляют в среднем 30 Гкал, в Германии – от 40 до 60, то в России – около 600 Гкал. Такое положение объясняется тем, что Россия, являясь одним из основных поставщиков топливно-энергетических ресурсов в мире, сама относится к их расходованию неэкономно ввиду их изобилия, а в связи с этим – относительной дешевизны и отсутствия стимулов бережливости. Еще недавно у нас в стране приоритетными были задачи увеличения объемов и темпов строительства, обеспечения граждан отдельным недорогим жильем, не уделяя при этом должного внимания обеспечению комфортных условий пребывания в зданиях и сооружениях.

С целью снижения тепловых потерь при отоплении зданий, создания необходимых санитарно-гигиенических и современных условий проживания в помещениях, рационального использования природных энергетических ресурсов Минстрой России в 1995 г. ввел в действие изменения № 3

в СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника», а с 1 октября 2003 г. – новый СНиП 23-03-2003 «Тепловая защита зданий», согласно которым нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий увеличены в 3–3,5 раза по сравнению с действовавшими ранее, что приближает их к мировому уровню. В этой связи, чтобы соответствовать новым требованиям, необходимо было в разы увеличивать толщину наружных стен из известных стеновых материалов. Так, например, толщина наружных стен из одинарного керамического кирпича по климатическим условиям Мурманской области должна быть увеличена до 1,9 м, из легкого бетона плотностью $1\,000\text{ кг/м}^3$ – до 1,2 м. Естественно, простым увеличением толщины стены проблему не решить. Нужны новые энергоэффективные материалы и конструктивные решения наружных стен.

Новый энергоэффективный материал

В настоящее время в современном строительстве для достижения требуемых теплозащитных показателей ограждающие конструкции зданий изготавливаются из многослойных композиционных материалов, состоящих из несущего (конструкционного) и несущего (теплоизоляционного) слоев [7, 8]. В строительной практике широко применяются различные многослойные материалы типа «сэндвич», в которых для создания несущего нагрузку слоя чаще всего используются виброуплотняемые бетоны – тяжелый или легкий. Для теплоизоляционного слоя применяются готовые плиты или маты из термоэффективных волокнистых либо пенопластовых материалов (минеральная вата, пенополиуретан, пенополистирол и др.). Для обеспечения надежного сцепления конструктивных слоев используются специальные дюбели или различные гибкие пластиковые связи. Структурная и теплотехническая неоднородность уплотненного конструкционного и пористого теплоизоляционного слоев с различными деформативными свойствами препятствует созданию плотного, без зазора, соединения конструктивных слоев. Это приводит к возникновению «мостиков холода» при замерзании стены и ухудшению теплозащитных свойств ограждения.

В результате выполненных исследований нами разработана технология и изучены физико-механические свойства нового композиционного стенового и теплоизоляционного материала на основе газобетона и пенополистирола (патенты РФ на изобретение № 2259272 и № 2286249), новизна которого состоит в послойной укладке в формовочное оборудование невспученной газобетонной смеси и невспененного или частично вспененного суспензионного полистирола. Отличие от известных способов изготовления многослойных ограждений состоит в том, что несущий конструктивный слой создается газобетонной смесью, которая после затвердевания по структуре близка к пористому теплоизоляционному материалу и уменьшает теплотехническую неоднородность ограждения [9].

После окончания укладки конструктивных слоев форма закрывается крышкой с жестким креплением к бортам формы. Для предотвращения

преждевременного вспучивания газобетонная смесь затворяется холодной водой. После закрытия крышкой формы без предварительной выдержки устанавливаются в пропарочную камеру для ускорения твердения бетона. Во время пропаривания без внешнего воздействия, вследствие физико-химических процессов, происходят в разной последовательности четыре технологические операции:

1 – при температурах 35–45°C вследствие химического взаимодействия между порообразователем (алюминиевая пудра) и известьсодержащим компонентом происходит вспучивание газобетонной смеси с увеличением объема смеси в 1,3–1,7 раза;

2 – при температурах 85–100°C вспенивается полистирол с увеличением объема в 30–50 раз;

3 – вследствие увеличения объемов вспучивающихся материалов в жестко замкнутой со всех сторон формовой оснастке происходит окончательное формообразование изделия с бесшовным соединением конструктивных слоев друг с другом (самопрессование) без применения дополнительных связей;

4 – ускорение твердения газобетонной смеси.

В зависимости от количества конструктивных слоев полученный материал, названный нами полистиролгазобетоном (ПГБ), может быть двух- и трехслойным. Испытания показали, что по сравнению с традиционным газобетоном у полученного стенового материала в 1,5–2,5 раза меньше капиллярный подсос и водопоглощение, в 1,3–1,5 раза выше прочностные показатели, в 1,3–1,7 раза меньше теплопроводность, а морозостойкость выше на одну-две марки. Благодаря совмещению нескольких операций, технологический процесс изготовления изделий сокращается на 4–5 ч.

В Арктической зоне Российской Федерации с ее суровыми климатическими условиями (продолжительные периоды отрицательных температур с частыми переходами через нулевую отметку, агрессивная внешняя среда из-за действия перерабатывающих промышленных предприятий) предъявляются повышенные требования к надежности, безопасности и долговечности строительных материалов, зданий и сооружений. Необходим регулярный контроль качества на всех этапах строительства, начиная от исследования исходных сырьевых материалов природного и техногенного происхождения, строгого соблюдения правил выполнения строительно-монтажных работ до натурного обследования физического состояния построенных и эксплуатируемых зданий и сооружений.

Проблема долгостроя, длительной приостановки строительства объектов существовала в нашей стране всегда. Эта проблема стала особенно острой после распада СССР, когда объем незавершенных и заброшенных зданий и сооружений увеличился в разы. Для возобновления строительства объектов, начатых несколько лет назад и чаще всего незаконсервированных, необходимо знать истинное состояние строительных конструкций и материалов. Кроме того, возникает необходимость знать основные механические свойства материалов в конструкциях при обследовании технического

состояния существующих и эксплуатируемых зданий, подлежащих реконструкции и капитальному ремонту. Контроль качества строительных материалов и натурные испытания объектов должны производиться высококвалифицированными специалистами специализированных испытательных центров и лабораторий, оснащенных необходимым оборудованием и средствами измерений, аккредитованных или аттестованных федеральными органами.

Кольский испытательный центр строительных материалов и изделий

Один из таких органов создан в 1997 г. в составе Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр» РАН (ИХТРЭМС КНЦ РАН) – Кольский испытательный центр строительных материалов и изделий (КИЦСМИ) [10]. В 2018 г. КИЦСМИ в очередной раз был аттестован Федеральным бюджетным учреждением «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Мурманской области» Росстандарта сроком действия до октября 2021 г. Потверждено, что КИЦСМИ имеет необходимые условия для выполнения измерений в соответствии с утвержденной областью деятельности. Основная деятельность центра посвящена испытанию нерудных минеральных материалов природного и техногенного происхождения и оценке эффективности их использования в производстве строительных материалов. В число основных видов работ, выполняемых Центром, входят:

- изучение минерального и химического составов, физико-химические исследования, физико-механические и теплофизические испытания природного и техногенного сырья для производства строительных материалов;
- оценка соответствия основных свойств строительных материалов (горных пород, неорганических вяжущих, тяжелых, легких и ячеистых бетонов, теплоизоляционных, керамических и огнеупорных материалов) требуемым показателям действующих стандартов;
- разработка составов и технологии получения строительных материалов на основе местного сырья и промышленных отходов;
- обследование технического состояния зданий и сооружений (бетонных, железобетонных и кирпичных конструкций) на соответствие действующим стандартам;
- научно-техническая и консультативная помощь при практической реализации проектов.

За более чем двадцатилетнюю историю своей работы КИЦСМИ выполнил по заявкам и договорам с заинтересованными организациями сотни сертифицированных и определительных испытаний. Наибольшее количество лабораторных испытаний посвящено определению класса бетона и марки строительного кирпича по прочности на сжатие, морозостойкости, теплопроводности, водонепроницаемости, а также стандартным испытаниям

минеральных вяжущих материалов (цемент, известь, гипс), строительного щебня, песчано-гравийной смеси, кварцевого песка, отходов обогащения металлосодержащих руд (шлаки, попутные кварцсодержащие продукты) и сжигания на тепловых электростанциях твердого топлива (золы, шлаки). Результаты выполненных испытаний либо подтверждали проектные задания, либо приводили к корректировке или изменению принятых решений.

Одной из основных характеристик физического состояния бетона является прочность – способность материала выдерживать нагрузку до разрушения. Действующими стандартами установлены три метода испытания бетона на прочность:

- раздавливанием стандартных образцов кубической или цилиндрической формы на прессовом оборудовании;
- выбуриванием из забетонированной конструкции кернов, из которых затем изготавливают стандартные образцы и раздавливают их на прессе;
- методами неразрушающего контроля прочности бетона путем измерения косвенного показателя.

Основным методом определения прочности бетона является испытание стандартных образцов-кубов (цилиндров) по ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». В соответствии с ГОСТ 18105 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» контрольные образцы из готовой бетонной смеси для изготовления монолитных конструкций должны твердеть на предприятии-изготовителе бетонной смеси в нормальных условиях при температуре $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(95 \pm 5)\%$. Марочная прочность бетона определяется путем раздавливания контрольных образцов до разрушения на прессовом оборудовании через 28 суток твердения в нормальных условиях. Согласно п. 5.4 ГОСТ 18105, контрольные образцы, изготовленные на строительной площадке для контроля и оценки прочности бетона монолитной конструкции, должны твердеть в условиях, предусмотренных проектом производства работ или технологическим регламентом. Однако зачастую условия твердения контрольных образцов и забетонированной конструкции могут отличаться, поэтому кубиковая прочность не всегда достоверно отражает фактическую прочность бетона в самой конструкции.

Выбуривание кернов весьма трудоемко, ведет к частичному разрушению конструкции, ограничено частотой армирования железобетонной конструкции. Зачастую из выбуренных кернов не удается изготовить стандартные образцы-цилиндры, которые соответствовали бы требованиям стандарта. Согласно ГОСТ 10180 (табл. 4) минимальный диаметр образца-цилиндра равен 100 мм (до 300 мм через 50 мм), а высота цилиндра должна превышать диаметр в два раза.

В настоящее время стали популярными методы неразрушающего контроля прочности бетона в построенных, реконструируемых и аварийных зданиях и сооружениях, руководствуясь ГОСТ 22690 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля». На рис. 1 представлена классификация известных методов неразрушающего

контроля (НК) прочности бетона. Характерной особенностью неразрушающего контроля является то, что непосредственно измеряется величина какого-либо физического показателя, косвенно связанного с прочностью корреляционной зависимостью. Для установления корреляционной зависимости «измеряемый показатель – прочность бетона» предварительно устанавливают градуировочную (тарировочную) зависимость между этим косвенным показателем и прочностью бетона по результатам испытаний стандартных образцов-кубов, изготовленных из бетона такого же состава и возраста, что и испытываемая конструкция. Точность определения прочности при измерении неразрушающими методами зависит от многих факторов: вида цемента, типа заполнителя, условий твердения и возраста бетона, влажности и температуры поверхности конструкции и ряда других факторов.

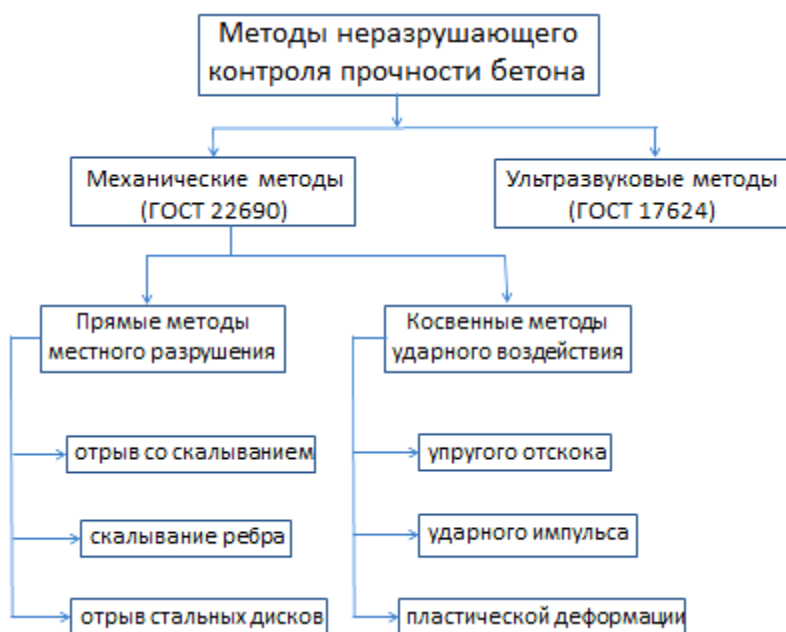


Рис. 1. Классификация методов неразрушающего контроля прочности бетона

Рассмотрим наиболее распространенные методы НК.

1. Методы ударного воздействия на бетон.

1.1. Метод пластической деформации основан на измерении диаметра отпечатков, которые остаются на поверхности бетона и стального стержня после удара эталонным молотком. При этом необходимо построение тарировочной зависимости «отношение диаметров отпечатков – прочность бетона» после «обстукивания» конструкции молотком и раздавливания стандартных образцов-кубов на прессе. В свое время этот метод был широко распространен в строительных лабораториях благодаря простоте оборудования и применения, но он пригоден для испытания только тяжелых бетонов. Наиболее известен эталонный молоток Кашкарова.

1.2. Метод упругого отскока заключается в измерении величины отскока ударника под действием силовой пружины при соприкосновении с поверхностью тяжелого бетона. Этот метод основан, как и метод пластической деформации, на измерении поверхностной твердости бетона и косвенном определении прочности бетона при сжатии в диапазоне 10–50 МПа по ГОСТ 22690 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля». Прочность бетона определяют по градуировочным зависимостям между высотой отскока бойка и прочностью бетона, заранее установленным путем параллельных испытаний контрольных образцов-кубов специальным прибором – склерометром – и раздавливанием образцов на прессе по ГОСТ 10180. Наиболее известны склерометр Шмидта и его различные модификации как механического, так и электронного действия. Приборы этого типа просты в обращении, компактны, оперативны и отличаются небольшим весом. Однако достоверность измерений зависит от множества факторов (чистота поверхности бетона конструкции, расположение точки измерения и т.д.), и поэтому получаемые результаты весьма приблизительны.

1.3. Метод ударного импульса – состоит в регистрации энергии удара, возникающей в момент соударения бойка с поверхностью бетона. Результаты измерений выдаются в единицах измерений прочности бетона на сжатие. В склерометры семейства ИПС, отличающиеся небольшим весом и компактностью, можно вводить от 9 до 58 градуировочных зависимостей по различным материалам (тяжелый бетон на разного вида крупных заполнителей, мелкозернистый бетон, легкий бетон, керамический и силикатный кирпичи).

2. Методы локального (местного) разрушения – наиболее точные из методов НК прочности бетона, поскольку прочность бетона при сжатии определяется расчетным путем по формуле, в которой учитываются только два изменяющихся параметра: максимальный размер крупного заполнителя и условия твердения бетона (естественное или тепловлажностная обработка). Усилие вырыва анкерного устройства определяется по универсальной градуировочной зависимости, построенной изготовителем устройства.

Из методов местных локальных разрушений наиболее известны следующие.

2.1. Метод отрыва со скалыванием и скалывания ребра конструкции заключается в регистрации усилия, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции либо местного разрушения бетона при вырыве из него стандартного анкерного устройства. Прочность бетона рассчитывается по формуле:

$$R = m_1 \cdot m_2 \cdot p,$$

где: m_1 – коэффициент, учитывающий максимальный размер крупного заполнителя в зоне вырыва анкера и принимаемый равным 1 при фракции менее 50 мм и 1,1 – при крупности более 50 мм; m_2 – коэффициент пропорциональности для перехода от усилия вырыва, кН, к прочности бетона, МПа, который при естественном твердении бетона составляет 1,5, а при теп-

ловлажностной обработке равен 1,8; p – усилие вырыва анкерного устройства, определяемое по универсальной градуировочной зависимости, построенной изготовителем устройства, которая составляется путем калибровки показаний манометра домкрата по переносному динамометру. По этой зависимости определяется величина усилия вырыва p , которая вставляется в формулу для определения прочности бетона R в месте измерения.

Отличительная особенность этого метода состоит в том, что отпадает необходимость в раздавливании стандартных образцов-кубов на прессе и построении градуировочной зависимости между показанием прибора и прочностью кубиков.

К недостаткам метода следует отнести его относительно высокую трудоемкость и невозможность использования в густоармированных конструкциях. Кроме того, частично повреждается поверхность конструкции.

2.2. Метод отрыва стальных дисков – регистрация напряжения, необходимого для местного разрушения бетона при отрыве от него стального диска, равного усилию отрыва, деленного на площадь проекции поверхности отрыва бетона на плоскость диска. В настоящее время используется крайне редко.

3. Ультразвуковые методы основаны на регистрации скорости прохождения через бетон ультразвуковых волн. По технике проведения испытаний различают сквозное прозвучивание, когда датчики располагают с разных сторон тестируемого изделия, и поверхностное прозвучивание, когда датчики расположены с одной стороны изделия.

Недостаток этих методов заключается в том, что их нельзя использовать для контроля качества высокопрочных бетонов (диапазон контролируемых прочностей 10–40 МПа) и густоармированных конструкций.

Таким образом, все известные методы НК не могут отразить реальную прочность бетона, так как измеряется какая-либо косвенная величина, которая затем посредством градуировочной зависимости переводится в показатель прочности. Тем не менее они позволяют с достаточной степенью точности просто и оперативно получить информацию о прочностных свойствах бетона в возведенных конструкциях для принятия дальнейших технических решений.

КИЦСМИ выполнены разнообразные испытания строительных материалов, изделий и конструкций, обследования состояния зданий и сооружений, по результатам которых приняты соответствующие технические решения и корректировки применяемых материалов. Так, в 2012 г. в Апатитах обрушился железобетонный козырек над одним из входов в подъезд жилого дома, что привело к гибели ребенка. Администрация города обязала все управляющие компании обследовать козырьки над входами всех домов. По заявкам управляющих компаний КИЦСМИ оценил физическое состояние всех козырьков и прочность бетона склерометром ОМШ-1 методом упругого отскока. Исследования показали, что многие козырьки находились в аварийном состоянии и были непригодны для эксплуатации. По резуль-

татам обследования аварийные козырьки были демонтированы и заменены на новые железобетонные или металлические.

По договору с Северо-Западным центром «СевРАО» – филиалом ФГУП «РосРАО» были обследованы ступенчатые плиты и плиты передвижения пункта долговременного хранения радиоактивных отходов в отделении Сайда-Губа. Определены причины разрушения бетона плит: химическая коррозия бетона, нарушения полимерной защитной гидроизоляционной пленки, механические повреждения бетона при транспортировке крупных металлоконструкций (корпусов отсеков) со снижением морозостойкости бетона. По результатам обследования и анализа отобранных проб материалов были разработаны рекомендации по устранению и ремонту дефектных мест.

При обследовании железобетонных плит взлетных полос аэропорта «Хибины» (г. Апатиты) было установлено, что прочность бетона, определенная методом отрыва со скалыванием с помощью устройства ПБЛР (изготовитель ИТЦ «Контрос»), в основном соответствовала проекту, но на некоторых плитах имелись нарушения поверхностного слоя бетона в виде шелушения и сколов, повреждения стыков плит. Мониторинг состояния плит продолжается.

Многочисленные заявки по обследованию железобетонных опор линий электропередач (более 600) были связаны с определением прочности бетона методом упругого отскока и наличием внешних повреждений (трещины, обнажение арматуры и др.) с целью оценки возможности приложения на опоры дополнительных нагрузок (например, навешивание оптоволоконных кабелей).

Таким образом, КИЦСМИ поддерживает тесную связь с производственными и проектными организациями региона и способствует обеспечению надежного и безопасного строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Литература

1. Научно-технические проблемы освоения Арктики : научная сессия Общего собрания РАН, 16 декабря 2014 г. / под ред. Н.П. Лаверова, В.И. Васильева, А.А. Макоско. М. : Наука, 2015. 490 с.
2. Бузник В.М., Бурковская Н.П., Зибарева И.П., Черепанин Р.Н. К вопросу построения дорожной карты отечественного арктического материаловедения // *Материаловедение*. 2017. № 4. С. 8–16.
3. Бузник В.М., Каблов Е.Н., Кошурина А.А. Материалы для сложных технических устройств арктического применения // *Научно-технические проблемы освоения Арктики : научная сессия Общего собрания РАН, 16 декабря 2014 г. / под ред. Н.П. Лаверова, В.И. Васильева, А.А. Макоско. М. : Наука, 2015. С. 275–285.*
4. Бузник В.М., Каблов Е.Н. Состояние и перспективы арктического материаловедения // *Вестник Российской академии наук*. 2017. Т. 87, № 9. С. 827–839.
5. Бондаренко В.М., Ляхович Л.С., Хлевчук В.Р. О нормативных требованиях к тепловой защите зданий // *Строительные материалы*. 2001. № 12. С. 2–8.

6. Хихлуха Л.В. Ресурсосбережение при строительстве и реконструкции жилья (конструкции и материалы) // Строительные материалы. 1995. № 5. С. 2–5.
7. Чиненков Ю.В., Кроль Е.А. Трехслойные ограждающие конструкции нового поколения // Бетон и железобетон. 2002. № 5. С. 3–6.
8. Завадский В.Ф., Косач А.Ф. Производство стеновых материалов и изделий. Новосибирск : НГАСУ, 2001. 168 с.
9. Пак А.А., Сухорукова Р.Н. Полистиролгазобетон: технология и свойства композиционных изделий. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2012. 101 с.
10. Крашенинников О.Н. Кольский испытательный центр строительных материалов и изделий ИХТРЭМС КНЦ РАН. Объекты и методы испытаний, область аккредитации // Север промышленный. 2011. № 3 (38). С. 22–24.

Информация об авторах:

Пак Аврелий Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН», исполняющий обязанности ведущего научного сотрудника (г. Апатиты, Россия). E-mail: aa.pak@ksc.ru

Сухорукова Раиса Николаевна, ведущий инженер Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН». E-mail: r.sukhorukova@ksc.ru

Николаев Анатолий Иванович, доктор химических наук, член-корреспондент РАН, заместитель директора института по научной работе Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН». E-mail: a.nikolaev@ksc.ru.

Tomsk State University Journal of Chemistry, 2019, 14, 53–64. DOI: 10.17223/24135542/14/4

A.A. Pak, R.N. Sukhorukova, A.I. Nikolaev

*Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Center
«Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences» (Apatity, Russia)*

Enhancement of energy efficiency of enclosure for the arctic and quality control of construction materials and products

The Arctic zone of the Russian Federation has countless natural resources. The industrial activity of industrial enterprises engaged in the extraction and processing of natural raw materials is inevitably accompanied by the formation of enormous volumes of industrial wastes that cause environmental damage. In the harsh climatic conditions of the Arctic zone, the relevance and demand for energy-efficient heat-shielding building materials, high-tech in production, with improved performance properties, maximum use of local natural and man-made raw materials, are increasing. As a result of experimental studies, a technology has been developed and the physicomechanical properties of a multilayer composite material based on aerated concrete and polystyrene foam having technological advantages and improved physicomechanical properties have been determined. The article emphasizes the importance and necessity of the system quality control of raw materials and constructional products, inspection of buildings and structures in use to assess their compliance with the requirements of regulatory documents. Information on the activities of the Kola Testing Center for Building Materials and Products is given and an analysis of the known methods for controlling the strength of concrete by non-destructive methods is presented.

Key words: *technogenic raw materials, energy-efficient composite materials, polystyrene gas concrete, physical and mechanical properties, methods of non-destructive testing of concrete strength.*

References

1. Nauchno-tehnicheskie problemy osvoeniya Arktiki. Nauchnaya sessiya Obshchego so-braniya RAN 16 dekabrya 2014 g. Pod redakciej N.P. Laverova, V.I. Vasil'eva, A.A. Ma-kosko. M.: Nauka, 2015, 490 p.
2. Buznik V.M., Burkovskaya N.P., Zibareva I.P., Cherepanin R.N. K voprosu postroeniya dorozhnoj karty otechestvennogo arkticheskogo materialovedeniya. Materialovedenie. 2017, 4, 8–16.
3. Buznik V.M., Kablov E.N., Koshurina A.A. Materialy dlya slozhnyh tekhnicheskikh ustrojstv arkticheskogo primeneniya. Nauchno-tehnicheskie problemy osvoeniya Arktiki. M.: Nauka, 2015, 275–285.
4. Buznik V.M., Kablov E.N. Sostoyanie i perspektivy arkticheskogo materialovedeniya. Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2017, 87, 9, 827–839.
5. Bondarenko V.M., Lyahovich L.S., Hlevchuk V.R. O normativnyh trebovaniyah k teplovoj zashchite zdaniy. Stroitel'nye materialy. 2001, 12, 2–8.
6. Hihluha L.V. Resursoberezhenie pri stroitel'stve i rekonstrukcii zhil'ya (konstrukcii i materialy). Stroitel'nye materialy. 1995, 5, 2–5.
7. Chinenkov Yu.V., Krol' E.A. Trekhslojnye ograzhdayushchie konstrukcii novogo pokoleniya. Beton i zhelezobeton. 2002, 5, 3–6.
8. Zavadskij V.F., Kosach A.F. Proizvodstvo stenovykh materialov i izdelij. Novosibirsk: NGASU. 2001, 168 p.
9. Pak A.A., Suhorukova R.N. Polistirolgazobeton: tekhnologiya i svoystva kompozicionnykh izdelij. Apatity: Izd-vo KNC RAN. 2012, 101 p.
10. Krashenninnikov O.N. Kol'skij ispytatel'nyj centr stroitel'nykh materialov i izdelij IHTREMS KNC RAN. Ob"ekty i metody ispytaniy, oblast' akkreditacii. Sever promyshlennyy. 2011, 3, 38, 22–24.

Information about the authors:

Pak Avreliy, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Center «Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences», Acting Leading Researcher (Apatity, Russia). E-mail: aa.pak@ksc.ru

Sukhorukova Raisa, Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Center «Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences», Leading Engineer (Apatity, Russia). E-mail: r.sukhorukova@ksc.ru

Nikolaev Anatoly, Doctor of Chemistry, Corresponding Member of RAS, Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Center «Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences», deputy director of the institute for scientific work (Apatity, Russia). E-mail: a.nikolaev@ksc.ru