



ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ПРОРЫВНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НОВЕЙШИХ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

21 июля 2022 года состоялось заседание Экспертного совета фракции ЛДПР Государственной Думы ФС РФ по актуальным социально-экономическим и научно-техническим проблемам, на котором обсуждалась тема «Скоростное круглогодичное восстановление зданий и сооружений ДНР и ЛНР с помощью быстровозводимых трубобетонных сборных каркасов и применения каменных отходов сноса».

В заседании Экспертного совета приняли участие члены Совета и приглашенные — всего 57 человек, в том числе руководство и представители Российской академии естественных наук (РАЕН), Российского общества инженеров строительства (РОИС), Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», СК «СОЮЗПРОМЖИЛСТРОЙ» и других заинтересованных орга-

низаций, а также представители строительных и коммерческих фирм Донецкой Народной Республики.

Совещание заслушало выступления, посвященные проблемам реновации жилого фонда в крупных городах, анализу и перспективным разработкам в области скоростного строительства и реконструкции жилых домов, объектов соцкультбыта путем восстановления разрушенных зданий и сооружений с применением каменных отходов сноса. С основным

докладом на заседании выступил **Марсель Бикбау**, д.х.н., академик РАЕН, генеральный директор Международного института материаловедения и эффективных технологий (ООО «Международный ИМЭТ»). Предложенные вниманию участников мероприятия новые технологии и оборудование разработаны под руководством М.Я. Бикбау. Данные инновации открывают перспективы скоростного возведения трубобетонных каркасов на месте разрушенных зданий с возможностью использования



Выступление М.Я. Бикбау с основным докладом

сохранившихся фундаментов и переработки каменных отходов в новые бетоны непосредственно на строительной площадке¹.

Участники заседания смогли ознакомиться с макетом быстровозводимых каркасов домов, монтируемых из предлагаемых конструкций. Технология позволяет сооружать несущий каркас на болтовых соединениях за несколько дней для малоэтажного строительства и за несколько недель для зданий высотой до 19–22 этажей.

Марсель Янович привел также данные о разработанной технологии применения каменных отходов строительства и сноса для получения высококачественных бетонов на основе наноцементов. На специально сконструированном компактном оборудовании специалистами ООО «Международный ИМЭТ» произведены бетоны разработанных составов с содержанием до 80 % масс. каменных отходов, эффективно работающие в монолитных и сборных изделиях из железобетона (включая трубобетонные колонны, перекрытия,

стены и другие конструкции зданий и сооружений), обеспечивающие необходимые прочностные характеристики, а также показатели водо- и морозостойкости. Участникам заседания были продемонстрированы образцы новых материалов и бетонов на основе переработанных отходов и их строительно-технические свойства. Для материалов и технических решений, мировой уровень которых защищен патентами Российской Федерации, ЕС, США, Японии и других стран, подготовлена нормативная база. Высококачественные бетоны производятся по нормативной документации Международного института материаловедения на основе энергосберегающих наноцементов, сертифицированных АНО «НАНОСЕРТИФИКА» как нанопроductия, не имеющая аналогов в мире по строительно-техническим свойствам и экономичности.

Росстандартом зарегистрирован национальный предстандарт ПНСТ 19–2014 «Портландцемент наномодифицированный. Технические условия», а в Республике Казахстан принят аналогичный ПСТ 23–2018, согласно которым реализовано производство наноцементов в России на заводе «ТатЦемент» (Республика Татарстан, ОЭЗ «Алабуга») и в Казахстане на заводе «КазНаноЦемент» (г. Астана).

Применение предлагаемой технологии позволит значительно ускорить работы по восстановлению жилья в ДНР и ЛНР, существенно снизить массу ограждающих конструкций, переработать отходы сноса, минимизировать экологический ущерб от процессов изготовления конструктов за счет применения наноцемента и в целом на 30–40 % сократить расходы на восстановление объектов.

В качестве содокладчиков на заседании выступили: Д. В. Кузеванов, к.т.н., директор НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»; А. Г. Седов, государственный советник Российской Федерации 1 класса, заслуженный экономист Российской Федерации, почетный строитель России; В. Н. Панафидин, заместитель генерального директора ООО «Международный ИМЭТ»; С. Х. Эльмурзаев, вице-президент СК «СОЮЗПРОМЖИЛСТРОЙ», заслуженный строитель России; А. В. Иванов, генеральный директор компании «МагаданСтрой»; Ю. Л. Беккер, к.т.н., советник генерального директора АО «Строительные технологии и машины».

Дмитрий Кузеванов в своем выступлении отметил важность и своевременность обсуждения вопроса применения трубобетонных конструкций. По словам директора института, НИИЖБ объективно



Образцы новых материалов и бетонов

¹ Подробно о технологии читайте в настоящем номере журнала на с. 12–21.

вынужден консервативно относиться ко всем инновациям, в том числе к новым металлическим конструкциям, к которым относятся и трубобетонные, — они должны быть долговечными и служить пятьдесят и даже сто лет. Но в последние годы интерес к трубобетону вырос, его качество подтверждается необходимыми расчетами, очевидна его пожароустойчивость по сравнению с полыми металлическими конструкциями. Кроме того, разработаны составы бетонов для наполнения труб. Однако, как отметил Дмитрий Владимирович, существуют проблемы с внедрением технологий, связанные в том числе с недостаточной компетенцией строителей, требуется подготовка нормативной базы проектирования. Но в последние годы в этом направлении сделаны определенные шаги. Вышел в свет свод правил, содержащий расчет трубобетонных конструкций, и эти расчеты вполне легитимны для Российской Федерации. Принят предварительный стандарт Российской Федерации ПНСТ 19–2014 по наноцементу, с участием института разработан и принят СТО 36554501–025–2011 «Трубобетонные конструкции».

В завершение своего выступления Дмитрий Кузеванов подчеркнул, что в настоящий момент имеются все предпосылки для внедрения трубобетона — есть современные технологии, есть расчеты. Остается вопрос экономики, экономическая сторона всех внедряемых систем сегодня наиболее актуальна. С монолитом успешно соперничает панельное домостроение, и на уровне пилотных проектов трубобетон уже может продемонстрировать свои экономические преимущества по сравнению с этими технологиями.

На макроэкономических проблемах российской строительной отрасли остановился в своем выступлении **Анатолий Седов**, отметив необходимость в новой



Д. В. Кузеванов

Стратегии развития строительной отрасли России как основы прогресса строительного комплекса и важность участия инженеров, ученых и других представителей профессионального сообщества в подготовке этого документа. Говоря о кадровом вопросе, докладчик заметил, что Россия обладает достаточным количеством строителей, которые при должном повышении уровня компетенции и ответственности могут обеспечить должный уровень качества строительства.

В развитие основной темы заседания Анатолий Григорьевич напомнил присутствующим об исторической закономерности успеха реализации прорывных инициатив на благо России при условии их поддержки высшим руководством. Российское общество инженеров строительства неоднократно и безуспешно обращалось в высокие инстанции с предложениями о внедрении наноцемента, поэтому призывает фракцию ЛДПР Государственной Думы ФС РФ взять на себя инициативу по внедрению в стране столь необходимых сегодня инноваций, в частности наноцемента и трубобетона. Новые технологии позволят решить вопросы удешевления



В. Н. Панафидин

строительства, ускорения возведения долгожданных гражданских и промышленных объектов в ЛНР и ДНР, а в целом по Украине и России — реализации злободневных программ строительства жилья.

Владимир Панафидин выступил с докладом на тему «Оценка затрат на восстановление домов на Украине», в котором привел пример строительства самого масштабного тоннеля на трассе Адлер — Красная Поляна (олимпийский объект) диаметром проходки 13,2 м и объемом выработки породы 615,5 тыс. м³. При сооружении конструкций тоннеля необходимо было заполнить пространство обратного свода щебнем в объеме около 280 тыс. м³. Руководством строительства было предложено заменить дорогостоящий щебень на изъятую при проходке тоннеля породу, доведенную до необходимых технических параметров с применением наноцемента. Институтом материаловедения и эффективных технологий совместно с ГУП «НИИМосстрой» и лабораторией ООО «Северстрой» были проведены исследования извлекаемого грунта, цемента, песков и других нестандартных заполнителей бетонов; разработаны составы бетонных смесей на основе

различных марок наноцемента (45, 50, 75 и 90). В итоге при морозостойкости крупного заполнителя F25 и прочности по дробимости M300 были получены бетоны прочностью от 12,2 до 57,6 МПа на третьи сутки и от 21,9 до 72,4 МПа на 28 сутки твердения с морозостойкостью от 200 до 300 (!). Полученные результаты свидетельствуют о том, что все каменные отходы, получаемые при разборе завалов или оставшихся конструкций, могут быть применены при восстановлении объектов.

Владимир Николаевич ознакомил участников заседания с результатами проведенного технико-экономического расчета типового проекта 10-этажного монолитного 99-квартирного дома (с учетом затрат на новый фундамент), который показал, что при использовании технологии быстровозводимых трубобетонных сборных каркасов себестоимость строительства коробки 10-этажного дома составит 17 720 руб./м², а общая стоимость (со стандартной отделкой и инженерией) — 40 769 руб./м². При этом необходимо учесть эффект применения каменных отходов сноса на месте восстановления разрушенных зданий. Кроме того, при использовании существующих фундаментов разрушенных домов в качестве опоры для трубобетонных колонн и перекрытий вышеприведенная себестоимость восстановительных работ уменьшится на 10–15 %, и при этом существенно ускорится сдача объектов в эксплуатацию.

Высокую оценку предложенной технологии скоростного строительства трубобетонных каркасов домов и сооружений дал **Сулейман Эльмурзаев**. Обладая опытом руководства (в качестве министра строительства Чеченской Республики) восстановлением разрушенных домов в Грозном, Сулейман Хасанович высказал мнение, что новая технология сборных



Выступление С. Х. Эльмурзаева

трубобетонных каркасов может радикально ускорить реконструкцию жилья в ДНР и ЛНР, тем более что у большинства разрушенных домов сохранены фундаменты.

Своим опытом внедрения инноваций, в частности наноцемента и бетона «КАПСИМЭТ», с участниками заседания поделился **Александр Иванов**. По его мнению, на пути реализации новых технологий стоит консерватизм взглядов и подходов различных звеньев законодательного и строительного сообщества. В частности, сопротивление проектировщиков вызвано их сомнением относительно дополнительных рисков, а подрядчики опасаются сокращения доходности при переходе к новым технологиям. При этом обсуждаемые инновации нашли реальную поддержку со стороны руководства Магаданской области: получен полезный опыт жилищного строительства с использованием трубобетона и материала «КАПСИМЭТ». Были выявлены проблемы и найдены пути их решения. Если при возведении одного дома можно проконтролировать качество и учесть все нюансы, то при массовом строительстве нужны

уже индустриальные технологии. Например, заливку труб бетоном и контроль качества лучше проводить не на стройплощадке, а привозить с завода уже готовые компоненты.

Александр Валентинович выразил уверенность в том, что новые технологии позволяют существенно ускорить темпы строительства домов, а это является одним из главных факторов, оказывающих влияние на себестоимость строительства. Кроме того,



А. В. Иванов

докладчик высказал суждение о необходимости государственной программы внедрения инноваций, как, например, в Китае. Создание мощной инновационной индустрии с обеспечением должной подготовки проектировщиков и рабочих кадров, вероятно, проще реализовать в отдельно взятом регионе. Это позволит всем участникам строительного процесса иметь свои дивиденды, а заказчику — как частному, так и государственному — получать гарантированное качество возводимых объектов.

Юрий Беккер также поддержал инновации, представленные основным докладчиком, высоко оценил их перспективность. Юрий Львович предложил активно использовать франшизу с государственным участием как юридически обязывающий механизм соблюдения не только строгой финансовой дисциплины при освоении бюджетных субсидий, но и законное средство обязать получателей передовых технологий строго руководствоваться техническим регламентом.

В развернувшейся на заседании дискуссии все выступающие отметили остроту проблемы восстановления разрушенного и пострадавшего жилья, реализации программ реновации в крупных городах, исключительно высокую актуальность и крайнюю своевременность постановки этого вопроса на рассмотрение Экспертного совета.

В настоящее время российским правительством и строительной общественностью по поручению президента России ведется серьезная работа по оказанию помощи Донбассу в построении государственности, оперативному решению задач восстановления разрушенной экономики и созданию инновационной инженерной и транспортной инфраструктуры, объектов жилищной и социальной сфер.

В целях ускорения сроков проведения этих работ участники



Активная дискуссия после докладов

заседания Экспертного совета выразили общее мнение о необходимости обратить внимание высоких инстанций и широкой строительной общественности на инновационную технологию быстровозводимых трубобетонных сборных каркасов и применения каменных отходов сноса.

По результатам обсуждения вынесенной на повестку дня темы Экспертный совет принял следующие решения:

1. Положительно оценить представленные Международным ИМЭТ предложения по использованию разработанной специалистами института технологии скоростного восстановления разрушенных зданий и сооружений с помощью устройства быстровозводимых каркасов из трубобетонных конструкций, в том числе на старых фундаментах зданий, с одновременным применением каменных отходов разрушенных строений.

2. Рекомендовать данную новацию при реализации пилотного проекта программы восстановления жилых, промышленных и общественных зданий на территории ДНР и ЛНР.

3. По результатам реализации пилотного проекта рассмотреть вопрос о его распространении на территории Российской Федерации, в первую очередь при осуществлении реновации жилого фонда в крупных городах.

4. Просить руководство фракции ЛДПР Государственной Думы ФС РФ обратить внимание заместителя Председателя Правительства Российской Федерации М. Ш. Хуснуллина на недостаточное, с точки зрения участников заседания Экспертного совета, отражение инновационной составляющей в проекте «Стратегии развития строительной отрасли на период до 2030–2035 года». Предложить Минстрою России включить в текст обновленной Стратегии в качестве самостоятельных разделов перечни прорывных отечественных технологий и новейших эффективных строительных материалов.

Для выполнения принятых решений Экспертный совет создал авторитетную рабочую группу. **ТС**

Редакция благодарит руководителей Экспертного совета В. А. Лисичкина и М. Я. Бикбау за помощь в подготовке публикации.

ТЕХНОЛОГИИ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

В КАЖДОМ НОМЕРЕ:

- Архитектура ближайшего будущего
- Инновации, передовые разработки в области проектирования и строительства
- Актуальные проблемы саморегулирования



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Бесплатную подписку на наш журнал вы можете оформить в редакции.

Адрес редакции: 140000, Московская область, г. Люберцы, ул. Котельническая, д. 10
Тел. (495) 727-38-58, доб. 107. E-mail: npsro_osp@mail.ru

www.ospnp.ru

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К БЫСТРОМУ ВОССТАНОВЛЕНИЮ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ — ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

В предлагаемой статье приведен анализ современных технологий скоростного строительства в России и за рубежом, показана эффективность быстрого возведения трубобетонных каркасов на болтовых соединениях на месте разрушенных зданий, в том числе с использованием сохранившихся фундаментов и каменных отходов, перерабатываемых в новые качественные бетоны на основе наноцементов непосредственно на участке строительства. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований и испытаний по подбору составов и определению строительно-технических свойств бетонов на основе каменных отходов сноса.

М. Я. Бикбау, д.х.н., академик
РАЕН, генеральный директор

А. А. Фролов, главный инженер

А. С. Бодров, экономист

Д. Н. Сафин, заместитель
генерального директора
по проектным работам

А. В. Хорев, инженер

ООО «Международный ИМЭТ»
(г. Москва)

Быстровозводимые сборные каркасы домов

Трубобетон — уникальная по своей несущей способности, сейсмоустойчивости и пожаробезопасности конструкция [1–5], разработанная в начале прошлого века отечественными учеными. В 1932 году впервые в СССР были опубликованы расчеты трубобетонных конструкций профессора А. А. Гвоздева. Прекрасные конструкционные и строительно-технические свойства трубобетона позволяют сегодня строителям

Японии, США, Франции, Германии, КНР и других стран эффективно использовать его в самых разных областях строительства и, в частности, таких ответственных, как мосто- и метростроение, а также при возведении торговых, культурных, промышленных и жилых зданий, а в последние десятилетия — в высотном строительстве.

К сожалению, в России применение трубобетонных конструкций не получило широкого распространения до настоящего времени. Технологическая отсталость российских строителей не дает возможности решить главную задачу — снизить стоимость жилья, так как в стране используется давно устаревшая технология монолитного домостроения, которой характерны перерасход металла и бетона, а также длительный срок возведения коробок зданий и сооружений. Особенно сложным и дорогостоящим процесс строительства становится в зимний период твердения монолитных бетонных конструкций.

Наиболее широко трубобетон начал применяться в последние

десятилетия в КНР, где создана нормативная база его использования и ежегодно строятся тысячи высотных сейсмостойких зданий из трубобетонных конструкций [5]. Опыт китайских строителей базируется на научных работах российских, украинских и белорусских инженеров и ученых, а также на советских стандартах. Труды А. А. Гвоздева, В. А. Росновского, Л. И. Стороженко, А. И. Кикина, Р. С. Санжаровского и других специалистов НИИЖБ, ЦНИИСК и других институтов бывшего СССР легли в основу китайской в частности и мировой в целом нормативной базы по трубобетонным конструкциям.

Строители Китайской Народной Республики (наши бывшие ученики) сегодня ставят мировые рекорды по скорости строительства и эффективности применения сборных конструкций. Так, китайская компания Broad Sustainable Building в январе 2012 года всего за 15 дней построила в провинции Хунань и сдала в эксплуатацию 30-этажный пятизвездочный

отель с полной комплектацией и отделкой. Здание отеля на 93 % выполнено из сборных конструкций и комплектующих (рис. 1). Видеоролик с демонстрацией и хронометражем всех этапов строительства этого отеля все желающие могут увидеть на видеоканале компании BROAD Group в сети Интернет. Общая площадь здания составила 17 тыс. м². Отель включает 316 номеров, 32 люкса, восемь посольских люксов и два президентских номера. Кроме того, в здании расположены ресторан, бар, тренажерный зал и бассейн на верхнем этаже, есть вертолетная площадка и подземная стоянка на 73 автомобиля.

Строение возведено в расчете на устойчивость при 9-балльном землетрясении и оснащено современными энергосберегающими системами жизнеобеспечения. Стоимость строительства суперсовременного здания составила 17 млн долл. США, то есть 1 тыс. долл. за 1 м². Стоит заметить, что кроме этого отеля компанией реализованы и многие другие проекты быстровозводимых зданий. Следует признать, что виртуозное умение китайских проектировщиков и строителей применять на практике знание строительной науки не может не вызывать искреннего восхищения!

Однако не без гордости отметим, что и в России есть примеры успешного развития технологий быстрого строительства. Специалистами Международного института материаловедения и эффективных технологий (Международный ИМЭТ, г. Москва) разработан и в настоящее время патентуется способ скоростного восстановления разрушенных домов различной этажности посредством возведения новых каркасов из трубобетонных сборных конструкций. Строительство зданий по данной технологии может осуществляться в том числе на существующих

фундаментах разрушенных домов, что особенно важно для оперативного восстановления объектов инфраструктуры населенных пунктов, пострадавших в результате воздействия опасных природных и антропогенных явлений. Новая архитектурно-строительная система «ИМЭТ» позволяет с высокой скоростью возводить сборный несущий каркас: за несколько дней для малоэтажных домов и за несколько недель для зданий до 19–22 этажей.

В развитие архитектурно-строительной системы нами предложены технические решения, изло-

женные в патентах РФ № 2 241 100 и № 2 342 501 «Трубчатая строительная конструкция» и описывающие сопряжения трубобетонных колонн по вертикали и их стыкование с конструкциями-ригелями и перекрытиями. Несущая способность трубобетонных колонн рассчитывается в соответствии с СТО 36554501–025–2011 «Трубобетонные колонны», разработанным НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» совместно с ЗАО «ИМЭТСТРОЙ» (с участием М. Я. Бикбау). Ригели для соединения трубобетонных колонн по горизонтали предусматривается

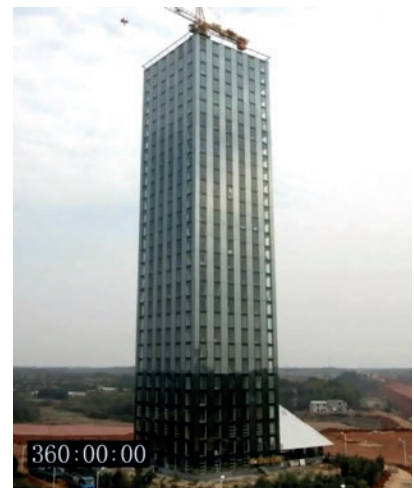


Рис. 1. Скоростное сборное строительство отеля T 30 в провинции Хунань (КНР)

изготавливать по нашему патенту РФ № 2 352 737 «Напрягаемый арматурный элемент».

Для иллюстрации рассматриваемых технических решений на рис. 2 показана трубобетонная колонна, готовая для сборки. На рис. 3 приведен типичный план опорной пластины 1 для сборки стыка трубобетонных колонн 2 по вертикали и ригелей по горизонтали с отверстиями 3 для крепежных болтов. Применение сборных трубобетонных колонн на болтовых креплениях позволяет строить сетку колонн на расстоянии от 6 до 8 м друг от друга и выбирать высоту межэтажных перекрытий в пределах от 3,5 до 4,5 м. Ригели (рис. 4) соединяются с колоннами по горизонтали также болтовым креплением на опорных пластинах.

Предлагаемые трубобетонные конструкции характеризуются следующими особенностями, приведенными в некоторых опубликованных работах [1–3]:

- высокая скорость возведения каркасов (в 3–4 раза превосходит скорость сооружения классического сборного железобетона);
- выполнение стальной трубой роли первичного каркаса здания и несъемной опалубки для бетона;
- высокая несущая способность трубобетонных колонн;
- эффективная работа стальной обоймы-трубы вместо арматуры;
- повышенные показатели прочности, долговечности и стойкости бетона, находящегося в трубе;
- трехосное сжатие бетона, находящегося в трубе;
- повышенная огнестойкость стальных конструкций каркаса;
- высокая стойкость здания к сейсмическим воздействиям, взрывам, предельным нагрузкам и ударам;
- снижение массы коробки здания;
- сокращение сроков строительства коробок зданий и сооружений в 1,5–2 раза, возможность

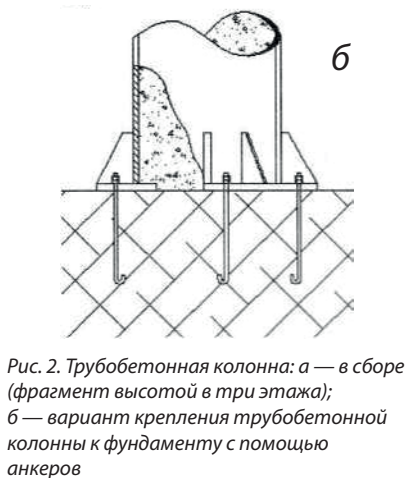


Рис. 2. Трубобетонная колонна: а — в сборе (фрагмент высотой в три этажа); б — вариант крепления трубобетонной колонны к фундаменту с помощью анкеров

проведения работ по возведению сборных каркасов как в летнее, так и в зимнее время;

- снижение себестоимости строительства зданий на 25–30 %.

Для производства бетона в качестве крупноразмерного заполнителя предлагается использовать каменные отходы строительства и сноса (КОСС). Рассматриваемая технология быстровозводимых каркасных трубобетонных зданий предполагает применять два вида

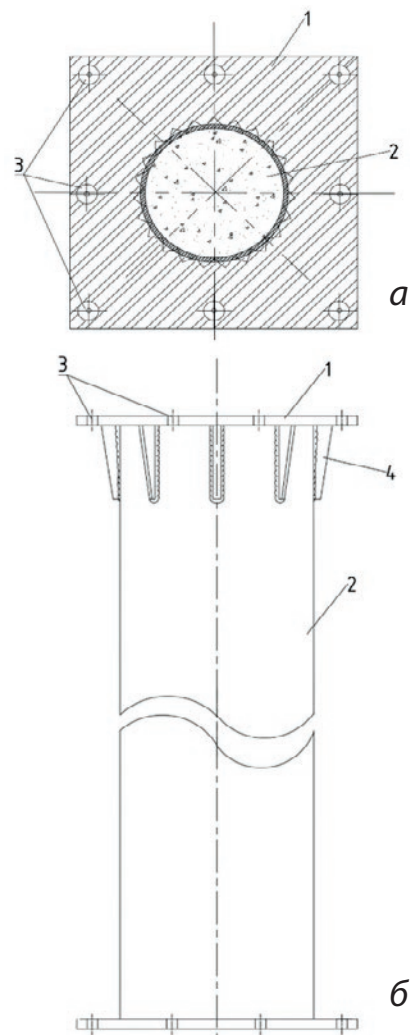


Рис. 3. Опорная пластина (в плане) для торцов трубобетонных колонн (а) и трубобетонная колонна в верхней части конструкции (б):

1 — опорная пластина; 2 — трубобетонная колонна; 3 — отверстия в пластине для крепежных болтов; 4 — косынки опорные в верхней части колонны под пластинами

бетонов на основе строительных отходов: *тяжелые* плотностью около 2000–2200 кг/м³ для изготовления перекрытий, ригелей и несущих перегородок и *легкие* плотностью в деле 700–900 кг/м³ для изготовления энергосберегающих теплых стен по технологии «КАПСИМЭТ» [6] на основе смеси гранулята из просыпи каменных отходов и легкого керамзитового гравия (например, марки М200 рязанского завода «Керамзит»).

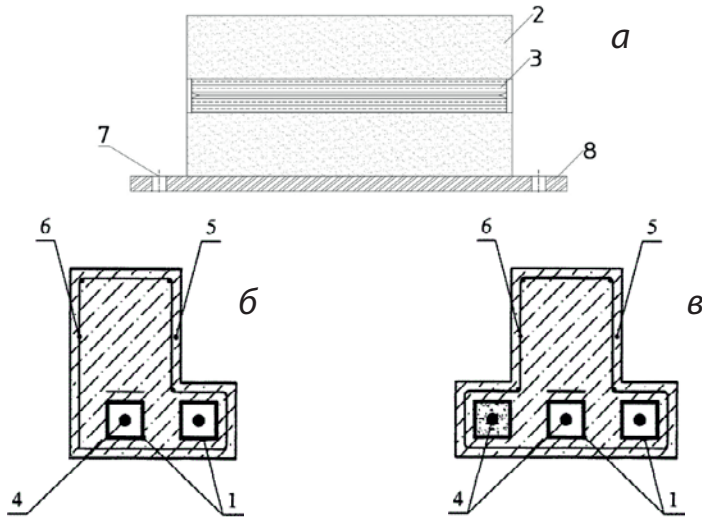


Рис. 4. Ригель напряженный с повышенной несущей способностью:
 а — вертикальный разрез по армирующему элементу;
 б — разрез ригеля поперечный для боковых колонн здания;
 в — разрез ригеля поперечный для внутренних колонн здания;
 1 — обойма (квадратная или круглая в сечении труба); 2 — раствор в обойме;
 3 — анкеры концевые; 4 — армирующий элемент для напряжения; 5 — бетон ригеля;
 6 — арматура ригеля обычная; 7 — отверстия для болтов М10; 8 — нижняя опорная пластина ригеля

Переработка каменных строительных отходов

При сносе зданий образуются, как правило, отходы следующих видов: загрязненный грунт, лом асфальта, кирпича, бетона и железобетона, куски пластмассовых, древесных, каменных материалов, керамической плитки и т.д. Наиболее распространенным методом утилизации строительного мусора является его захоронение, при этом полигоны занимают обширные площади и к тому же служат источником химического и бактериального загрязнения почв, грунтовых и подземных вод. Эти архиважные экологические аспекты побуждают к использованию более прогрессивных способов утилизации отходов строительства и сноса — переработки и депонирования. Комплексная переработка бытовых и промышленных отходов рассмотрена нами в [7].

Переработка является наиболее экологичным методом обращения с отходами, образующимися в процессе строительства,

реконструкции и сноса зданий и сооружений. Вместе с тем, экологичность — не главное достоинство этого метода. Практически все строительные отходы можно перерабатывать для повторного использования с получением строительных материалов пониженной себестоимости. Процесс переработки (рециклинга) КОСС включает четыре стадии (рис. 5).

Процесс разборки зданий механизирован: современные экскаваторы и манипуляторы способны технологично проводить операции

по демонтажу зданий и фракционированию отходов сноса. К сожалению, большая часть полученного вторичного сырья является неполноценным строительным материалом и обладает ограниченной областью применения из-за более низкого качества готовой продукции по сравнению со строительными материалами, производимыми из первичного сырья. В частности, при разделении КОСС образуется около 30–35 % масс. фракции менее 5 мм (просыпи), применение которой, по данным различных исследователей, значительно — до 40–45 % — снижает прочность вторичных бетонов [9, 10].

В этой связи известные технические решения по переработке КОСС для производства бетонов включают различные приемы: например, повышение расхода портландцемента в бетонных смесях, включение в состав бетонных смесей пластификаторов и суперпластификаторов, тонкомолотых дисперсий, что удорожает себестоимость новой продукции из бетонов на основе вторичных заполнителей [10].

В диссертационной работе [11] показана возможность повышения прочности бетонов за счет механоактивации бетонных смесей на основе природных заполнителей и отходов бетонного лома. Механическая или химическая активация смесей (разрушение слабых зерен

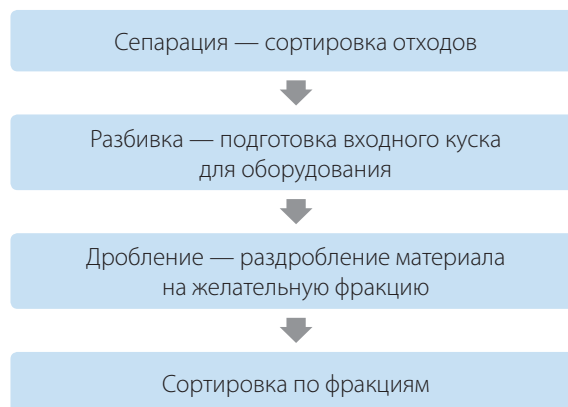


Рис. 5. Основные этапы переработки строительного мусора [8]

Технология «КАПСИМЭТ»

Суть новой технологии «КАПСИМЭТ» заключается в капсуляции цементным молочком керамзитового гравия или другого гранулята и его укладке в формы или межпалубное пространство. Реализация данной технологии осуществляется ОАО «Московский ИМЭТ», ЗАО «ИМЭТСТРОЙ» и ООО «Международный ИМЭТ» уже более 30 лет в малоэтажном строительстве — в Москве, Московской, Самарской, Тверской и других областях по данной технологии уже построены сотни зданий. Разработано и используется созданное также впервые в мире оригинальное оборудование для капсуляции крупных заполнителей.

Технология отличается минимальным расходом цемента: он составляет 100–140 кг на 1 м² стены. Ограждающие конструкции опираются на перекрытия. Толщина стен для климатических условий Москвы составляет около 400–450 мм при объемной массе, равной 450–550 кг/м³, и термическом сопротивлении R₀ в пределах 3,5–3,7 (м²·°C)/Вт, что полностью удовлетворяет требованиям к теплозащите наружных стен зданий. Наиболее важные достоинства «КАПСИМЭТ» — максимально эффективное использование крупного заполнителя непосредственно в ограждающей конструкции и низкая сорбционная способность (материал поглощает не более 1–1,5 % влаги), хорошая паропроницаемость. Бетон «КАПСИМЭТ» на основе керамзитового гравия имеет коэффициент паропроницаемости 0,14–0,20 мг/(м·ч·Па). Для сравнения приведем значения коэффициента паропроницаемости для наиболее распространенных материалов, мг/(м·ч·Па): пенополистирол — 0,03–0,05; железобетон — 0,03; керамзитобетон — 0,09–0,14; кирпич обыкновенный глиняный — 0,11; кирпич керамический пустотелый — 0,14; бетон ячеистый (М300) — 0,14–0,25.

Материал характеризуется морозостойкостью не менее 100 циклов, негорючестью, огнестойкостью в изделиях и конструкциях не менее 4 часов и экологической безопасностью. С течением времени наблюдается карбонизация цементной оболочки материала стен, повышающая их прочность.

Одним из главнейших свойств материала для строительства стен домов является воздухопроницаемость, определяющая комфортность жизни в помещениях. Если значение сопротивления воздухопроницанию R_v для традиционного бетона составляет около 20 000 (м²·ч·Па)/кг, то «КАПСИМЭТ» по этому параметру соответствует известняку-ракушечнику с R_v ~ 6–10 (м²·ч·Па)/кг. Этим объясняется тот факт, что в домах со стенами из материала «КАПСИМЭТ» прекрасно дышится, так как через их массив происходит воздухообмен с окружающей средой, это решает проблему недостатка кислорода во внутренних помещениях, сохраняется сухой микроклимат. Коэффициент комфортности наружных стен, построенных по данной технологии, составляет 1,4.

Следует обратить внимание на тот факт, что использование капсуляции легких заполнителей, выступающих в бетоне «КАПСИМЭТ» не пассивными, а сотообразующими, то есть основными элементами структуры, позволяет эффективно решать не только проблему утепления, но и звукоизоляции зданий: индекс звукоизоляции материала R_w > 60 дБ. Важно отметить, что созданы не только материал и технология «КАПСИМЭТ», но и оборудование, работающее в условиях как производственных, так и строительных площадок, в том числе на перекрытиях возводимых зданий.



Материал «КАПСИМЭТ»: а — образец плотностью 620 кг/м³; б — в качестве объемного заполнителя наружной стены строящегося дома с каркасом из трубобетона (пос. Немчиновка Московской области, 2007 год)



Рис. 6. Фракции просыпи с размером частиц менее 5 мм (а) и вторичного щебня (б) после дробления и разделения отходов строительства и сноса

щебня или удаление остатков цементного камня) измельчением бетонного щебня в шаровых мельницах [12] позволяет улучшить его характеристики. Наиболее высоких показателей при реновации городских территорий и дорожных покрытий достигают в случае использования материала, полученного в результате помола дробленого бетона с применением стальных шаров после предварительного низкотемпературного (при 600–800 °С) обжига. Однако это решение является весьма энергозатратным и трудоемким для переработки бетонного лома отходов строительства и сноса.

Для лучшего понимания сущности разработанной комплексной технологии нами были проведены эксперименты по производству

гранулята и бетона на его основе с использованием просыпи (фракции отсева менее 5 мм), отобранной на линии дробления домодедовского завода ООО «Промышленный экологический оператор» вместе со вторичным щебнем фракции 5–20 мм (рис. 6). Химический состав просыпи и наноцементов приведен в табл. 1.

На начальном этапе на основе просыпи и наноцементов готовили гранулят фракции 10–30 мм в тарельчатом грануляторе ООО «ИМЭТСТРОЙ» окатыванием смесей с водой.

Согласно результатам рентгеновского количественного анализа, выполненного в НИИЦемент на установке «ДРОН-2», приведенная в табл. 1 просыпь дробления КОСС представляет собой дисперсную

смесь, содержащую в основном кварцевый строительный песок, гидроксид кальция, гидратированный портландцемент и небольшое количество мелких частиц известняка в следующем процентном соотношении: кварц — 64; известняк — 8; гидроксид кальция — 5; аморфный материал (гидросиликаты кальция) — остальное.

Полученный гранулят (табл. 2) перед испытаниями на дробимость твердел при нормальных воздушно-влажных условиях в течение 24 часов или при изотермической выдержке при 50 °С в течение 6 часов. В обоих вариантах результаты испытаний на дробимость были близки: партии гранулята в сухом состоянии показали среднюю потерю массы от 13–15 % до 11–13 %, что соответствует

Таблица 1. Химический состав просыпи после дробления каменных отходов строительства и сноса на заводе ООО «Промышленный экологический оператор» (г.о. Домодедово, Московская область) и наноцементов* производства «ИМЭТСТРОЙ» (г. Клин, Московская область)

Материал	Содержание основных оксидов и воды, % масс.						влага или п.п.п.
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	
Просыпь КОСС	72,41	3,64	1,62	17,24	0,71	0,21	4,16
Наноцемент 30	61,14	4,10	3,13	26,71	0,91	1,29	2,74
Наноцемент 35	52,21	4,49	3,74	33,76	1,10	1,51	3,19
Наноцемент 45	46,44	4,86	4,03	38,36	1,34	1,65	3,32
Наноцемент 55	37,75	4,93	4,32	46,14	1,67	1,71	3,48

* Производятся по СТО 06965796–006–2021 «Малоклинкерный портландцемент наномодифицированный. Технические условия».

Таблица 2. Состав исходной смеси при изготовлении гранулята и характеристика его дробимости

№ примера	Содержание расходных материалов, % масс.				Прочность гранулята по ГОСТ 8269.0–97, марка по дробимости
	просыпь	наноцемент 30	наноцемент 55	вода	
1	82	—	10	10	600
2	80	—	12	8	800
3	76	—	17	7	800
4	73	20	—	7	800
5	65	22	—	6	800
6	68	27	—	5	1000

прочности искусственного щебня марок М800 и М1000 по ГОСТ 23845–86¹.

Такие высокие показатели связаны со следующими особенностями гранулята на основе мелкой фракции КОСС:

- применение наноцементов в качестве вяжущего;
- отсутствие лещадности;
- отсутствие пылевой и глинистой фракций.

Перед приготовлением бетонных смесей гранулят на основе просыпи рекомендуется дробить для получения более шероховатой и развитой поверхности в бетонах (рис. 7). Разработанное нами новое оборудование для производства гранулята успешно применяется при строительстве теплых энергосберегающих стен домов и дренажных оснований дорог [13].

Предлагаемая комплексная технология позволяет эффективно использовать дробленый гранулят из техногенных отходов в качестве искусственного крупного заполнителя в бетонах на основе наноцементов. Экспериментальная реализация данной технологии была осуществлена в цехе «ИМЭТСТРОЙ» на примере приготовления и испытаний составов бетонов согласно табл. 3.

Прочность на сжатие и изгиб, плотность бетонов и водонепроницаемость определяли на стандартных образцах по ГОСТ 12730.0–78,

а морозостойкость оценивали ускоренным дилатометрическим методом согласно ГОСТ 10060.3–95. Фотографии типичного образца бетона на основе КОСС приведены на рис. 8. На изображении сечения образца хорошо видны все составляющие бетона.

Отличные показатели, полученные в результате испытаний

бетонов, изготовленных с применением в качестве крупного заполнителя вторичного щебня и гранулята из КОСС, обусловлены высокой гидравлической активностью наноцементов, образованием плотного контакта цементно-песчаного камня даже на слабых зернах щебня и формированием плотной высокопрочной



Рис. 7. Гранулят фракции 10–20 мм на основе просыпи и наноцемента (а) и дробленый гранулят для использования в качестве крупного заполнителя в бетонах (б)



Рис. 8. Образец тяжелого бетона с содержанием 65 % масс. каменных отходов сноса: а — образец-куб; б — сечение образца

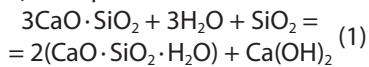
¹ Здесь и далее указаны стандарты, действовавшие на момент проведения экспериментов.

Таблица 3. Характеристики бетонных смесей и результаты стандартных испытаний бетонов на основе крупных заполнителей, полученных из каменных отходов строительства и сноса

№ смеси	Массовый состав бетонной смеси, кг	Осадка конуса, см	Прочность образцов в разные сроки нормального твердения, МПа (при сжатии/при изгибе)			Характеристики бетонов		
			2 сут.	7 сут.	28 сут.	плотность, кг/м ³	марка по водонепроницаемости W	марка по морозостойкости F
1	Наноцемент 45 — 380 Вторичный щебень — 900 Дробленый гранулят — 600 Вода — 165	7	25,6/3,2	33,0/4,3	42,4/4,9	2080	16	300
2	Наноцемент 35 — 411 Вторичный щебень — 1027 Дробленый гранулят — 411 Вода — 205	18	24,3/3,1	36,1/4,2	41,9/5,2	2055	14	200
3	Наноцемент 30 — 515 Вторичный щебень — 726 Дробленый гранулят — 622 Вода — 191	16	12,9/2,5	19,8/3,1	27,5/3,8	2075	12	200
4	Наноцемент 55 — 466 Вторичный щебень — 912 Дробленый гранулят — 551 Вода — 190,8	16	22,7/3,8	36,7/4,5	47,5/5,5	2120	16	300
5	Наноцемент 55 — 310 Вторичный щебень — 928 Дробленый гранулят — 630 Вода — 202,9	12	19,6/2,9	27,8/3,6	39,3/4,9	2070	14	200

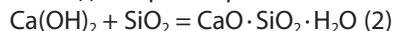
непроницаемой микроструктуры цементного камня, что подтверждается интенсивным набором прочности образцов бетона уже в начальные сроки твердения.

Упрощенный вариант химической реакции, необходимой для формирования портландцементного камня, с указанием начального и конечного составов реагентов можно представить следующим образом:



В сформированном цементном камне присутствует два вида гидратных минералов — гидросиликаты кальция и гидроксид кальция в массовом соотношении 85:15 соответственно. Казалось бы, содержание гидроксида кальция невелико, но именно его присутствие значительно ухудшает строительно-технические свойства цементного камня, и прежде всего прочность, в связи с пластинчатой, слоевой морфологией кристаллов

гидроксида кальция, по которым обычно проходит разлом материалов, и их склонностью к перекристаллизации при изменении влажности окружающей среды. Именно поэтому для повышения прочностных свойств цементного камня было бы желательно отсутствие в нем гидроксида кальция, но еще эффективнее — связывание гидроксида кальция в более прочный и долговечный гидросиликат кальция, что может происходить в процессе прямой реакции высокодисперсных реагентов:



Такая реакция происходит в разработанных нами малоклинкерных наноцементных, где она обеспечивается уровнем дисперсий тонкоизмельченного вместе с цементом кремнезема (с размером частиц от нескольких десятков до сотен нанометров), сопоставимым с размерами частиц цемента. Это подтверждает сравнение содержания гидроксида кальция в бетонах (табл. 4), изготовленных на основе обычного портландцемента и малоклинкерных наноцементов (составы соответственно с 75, 50 и 40 % масс. клинкера, а остальное

Таблица 4. Изменение содержания гидроксида кальция, %, в бетонах в зависимости от их состава и времени твердения при нормальных условиях

Вяжущее	3 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.	60 сут.
Портландцемент	3,2	5,5	6,4	7,1	8,2
Наноцемент 75	1,5	2,5	3,0	2,7	2,4
Наноцемент 45	0,8	1,1	1,6	1,5	1,3
Наноцемент 35	0,5	0,9	1,4	1,2	1,0

Технологический комплекс по переработке каменных отходов строительства и сноса

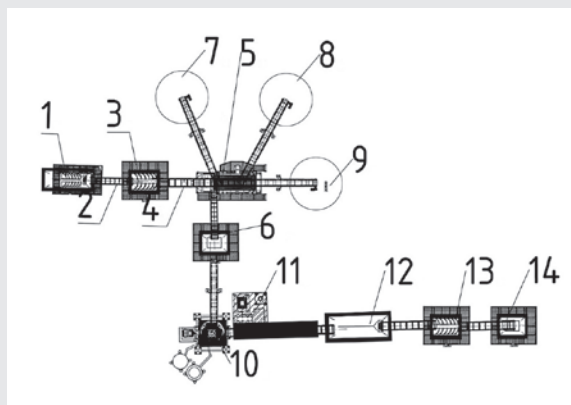
В качестве устройств рециклинга КОСС обычно используются различные технологические линии, например автоматизированный дробильно-сортировочный комплекс ДСК-48–13, включающий:

- машину прессово-разрушающую МПП-1500 столкателем;
- колосниковый и приемный столы;
- агрегат дробления АДЦ-210;
- агрегат сортировки АС-24 (на раме);
- систему ленточных конвейеров КЛЖ;
- железобетонный ЭМЖС-065/35 (на раме);
- агрегат с кабиной управления и пускорегулирующей аппаратурой.

Разработанный Международным ИМЭТ технологический комплекс по переработке КОСС включает (см. рисунок):

- дробильный участок с бункером 1 каменных отходов с транспортером 2 и дробилкой 3 для дробления отходов, транспортером 4 для подачи дробленых отходов в барабанный грохот 5;
- участок под барабанным грохотом 5 для разделения дробленых КОСС с помощью транспортеров на фракции: менее 5 мм — бункер 6; 5–10 мм — бункер 7; 10–20 мм — бункер 8 и 20–30 мм — бункер 9;

- линию по модификации портландцемента в наноцемент (на рисунке не показана);
- линию по грануляции просыпи (фракции дробления размером менее 5 мм) совместно с наноцементом с получением гранулята фракции от 10 до 20 мм, включающую: тарельчатый гранулятор 10, тепловую камеру — закрытый транспортер, парогенератор 11, бункер готового гранулята 12, дробилку гранулята 13, бункер дробленого гранулята 14.



Разработанный технологический комплекс по переработке каменных отходов строительства и сноса

в них — тонкоизмельченный вместе с портландцементом и модификатором кварцевый песок).

Приведенные данные иллюстрируют эффективность применения высокодисперсных наноцементов с тонкоизмельченными кремнеземистыми или алюмосиликатными минеральными добавками, что согласуется с классическими представлениями о взаимосвязи дисперсности частиц портландцемента со способностью формировать более прочную структуру цементного камня.

Выдающиеся советские ученые внесли неоценимый вклад в новое понимание значимости тонкого измельчения дисперсий в системах связующими материалами. Йоханнес Александрович Хинт разработал метод тонкого измельчения и механохимической активации кварцевых песков в дезинтеграторах, который лег в основу технологии

силикальцитных изделий, реализованной на сотнях предприятий в СССР и за рубежом. К сожалению, эта передовая технология сегодня во многом забыта у нас из-за одного недостатка — активного износа стальных бил в дезинтеграторах, однако в других странах она находит свое применение. К примеру, технология силикальцитных изделий Й. А. Хинта лежит в основе всей строительной индустрии Японии и широко применяется в этой стране при изготовлении панелей и других изделий сборных домов (в чем один из авторов настоящей статьи убедился во время посещения Японии в 1989 году в составе правительственной делегации).

Реологическая матрица бетонных смесей на основе наноцементов с повышенным содержанием в воде высокодисперсных частиц цемента и кварцевого песка насыпной плотности, близкой к плотности

воды, обеспечивает при минимальном водосодержании даже без суперпластифицирующих добавок возможность свободного перемещения частиц песка и щебня в растворах и обеспечивает высокую подвижность (текучесть) цементно-песчаных смесей.

Разработанные составы бетона на основе малоклинкерных наноцементов (наноцементов 30, 35, 45 и 55) с включением значительного количества — до 80 % масс. — техногенных каменных отходов отличаются весьма высокими строительно-техническими свойствами, что объясняется наличием в наноцементах тонкоизмельченных и активированных кремнеземистых добавок, при гидратации которых в растворах происходит взаимодействие гидроксида кальция, образующегося в твердеющем цементе, с диоксидом кремния с образованием гидросиликатов

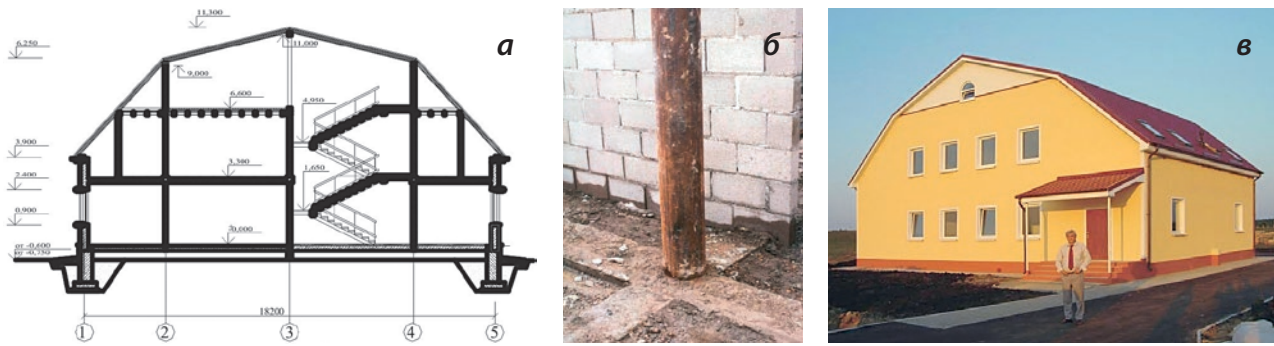


Рис. 9. Дом общей площадью 540 м², построенный в пос. Гвардейское Багратионовского р-на Калининградской области для многодетной семьи по технологиям «КАПСИМЭТ» и быстровозводимых каркасных трубобетонных зданий:

а — вертикальный разрез дома (выделен каркас из трубобетона в опорных стаканах); б — сопряжение трубобетонной колонны с перекрытием; в — общий вид дома

кальция по указанной выше прямой реакции (2).

Необходимо отметить, что даже при рекордно малом количестве портландцемента в бетонной смеси наблюдается интенсивный рост прочности цементного камня в бетонах на основе наноцементов. При этом обеспечение основных показателей (высокой прочности, водонепроницаемости, морозостойкости), отвечающих требуемому качеству бетонов, возможно при применении КОСС в роли заполнителей со значительно более низким расходом портландцемента для реализации программ реновации и восстановления разрушенных зданий и сооружений в разных регионах нашей страны.

Кроме того, как показано в [13] и на рис. 9, предлагаемый гранулят на основе гравия или техногенных каменных отходов помимо его применения в тяжелых и легких бетонах может также эффективно использоваться как товарный продукт для изготовления дренажных бетонов, эффективных для устройства оснований автомобильных и железных дорог, строительства дренажных систем для отвода талых и дождевых вод, при противооползневых мероприятиях, для укрепления береговых откосов, возведения фильтрующих воду подпорных стенок различных дорожных и гидротехнических, в том числе земляных, сооружений в виде дамб и плотин.

Список литературы

1. Бикбау М. Я., Габбасов А. Р. Новая архитектурно-строительная система для возведения массового жилья // *Строительная инженерия*. — 2006. — № 8. — С. 36–40.
2. Бикбау М. Я. Архитектурно-строительная система ИМЭТ — новая технологическая основа домостроения // *ЖБИ и конструкции*. — 2012. — № 2. — С. 64–71.
3. Бикбау М. Я. Концепция круглогодичного скоростного сборного высотного строительства // *Технологии Интеллектуального Строительства*. — 2019. — № 1. — С. 4–23.
4. Бикбау М. Я. Дом россиянина должен быть крепостью // *ЖБИ и конструкции*. — 2012. — № 3. — С. 74–80.
5. S.-H. Cai. *Modern Street Tube Confined Concrete Structures*. Shanghai, China Communication Press, 2003. — P. 358.
6. Бикбау М. Я. «КАПСИМЭТ» — Новая технология крупнопористого бетона / *Бетон и железобетон — пути развития: II Всерос. (Международ.) конф. по бетону и железобетону (Москва, 5–9 сентября 2005 г.): науч. тр. конф.: в 5 кн.* — Т. 4: *Легкие и ячеистые бетоны*. — М.: НИИЖБ, 2005. — С. 36–43.
7. Бикбау М. Я. Новые технологии переработки бытовых и промышленных отходов // *Строительные материалы, оборудование*

и технологии XXI века. — 2018. — № 11–12. — С. 54–62.

8. Асанова А. С., Лузгина Е. А. Современные материалосберегающие методы переработки строительных отходов [Электронный ресурс] // *Современные научные исследования и инновации*. — 2016. — № 11(67). — С. 181–184.
9. Гусев Б. В., Загурский В. А. *Вторичное использование бетонов*. — М.: Стройиздат, 1988. — 97 с.
10. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. *Строительные материалы из отходов промышленности*. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. — 368 с.
11. Сайдумов М. С. *Отсевы дробления бетонного лома и горных пород для получения бетонных композитов: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.23.05 / Сайдумов Магомед Саламувич [Место защиты: Белгород. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова]*. — Белгород, 2012. — 24 с.
12. Чулков В. О., Назиров Б. Э. *Рециклинг отходов строительства и сноса при реновации территорий и дорожных покрытий крупных городов // Отходы и ресурсы*. — 2018. — № 4. — URL: <https://resources.today/PDF/06NZOR418.pdf>.
13. Маткин А. А., Бикбау М. Я. *Дренарующий бетон КАПСИМЭТ и новое оборудование для строительства дорог и инженерных сооружений // Строительные материалы*. — 2022. — № 5. — С. 45–51. 