

С.Н. ЛАПЫРЕВ^{1,2}

¹ Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»,
2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

² Ассоциация «Железобетон», Рязанский пр-кт, д. 22, к. 2,
г. Москва, 109428, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА GREEN CODE

Аннотация

Технологии устойчивого строительства, которые сегодня формируют тренды развития мировой строительной индустрии и связанные с ними экономические, политические, экологические и социальные аспекты, прочно базируются на принципах реализации основных направлений: *долговечность, климат-эффективное строительство, углеродная нейтральность, энергосбережение, энергоэффективность, ресурсосбережение, рециклинг*.

Концепт завтрашнего дня – это строительные системы сборного железобетона, уникальные по своему содержанию и индивидуальности, способные обеспечивать надежность проектирования, высокую прибыльность, высокие требования к климату в помещении и к энергобалансу зданий.

В статье освещается система GREEN CODE – одна из современных индустриальных технологий сборного железобетона, позволяющая строить здания и сооружения в соответствии с трендами развития мировой строительной индустрии. В производственной и строительной логистике система GREEN CODE обладает более высоким потенциалом экономической эффективности, чем традиционные методы строительства, позволяет дополнительно экономить ресурсы.

Ключевые слова: устойчивое строительство, сборный железобетон, экономика замкнутого цикла, оценка экологического воздействия, окружающая среда, новые технологии

Для цитирования: Лапырев С.Н. Технологии устойчивого строительства: инновационная система сборного железобетона GREEN CODE // *Бетон и железобетон*. 2024. № 4 (623). С. 29–38. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-4\(623\)-29-38](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-4(623)-29-38). EDN: EYTLLH

Вклад автора

Автор берет на себя ответственность за все аспекты работы над статьей.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 14.08.2024

Поступила после рецензирования 05.09.2024

Принята к публикации 12.09.2024

S.N. LAPYREV^{1,2}

¹ Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev,
JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5,
Moscow, 109428, Russian Federation

² Association "Reinforced Concrete", Ryazansky ave., 22, bld. 2,
Moscow, 109428, Russian Federation

SUSTAINABLE CONSTRUCTION TECHNOLOGIES: AN INNOVATIVE GREEN CODE PRECAST REINFORCED CONCRETE SYSTEM

Abstract

Sustainable construction technologies, which today form the trends in the development of the global construction industry and related economic, political, environmental and social aspects, are firmly based on the principles of implementing the main directions: *durability, climate-efficient construction, carbon neutrality, energy conservation, energy efficiency, resource conservation, recycling*. The concept of tomorrow is precast concrete construction systems, unique in their content and individuality, capable of providing reliable design, high profitability, high requirements for indoor climate and energy balance of buildings. The article highlights the GREEN CODE system – one of the modern industrial technologies of precast concrete, which allows you to build buildings and structures in accordance with the trends in the development of the global construction industry. In production and construction logistics, the GREEN CODE system has a higher potential for economic efficiency than traditional construction methods, and allows additional resource savings.

Keywords: sustainable construction, precast reinforced concrete, closed-loop economics, environmental impact assessment, environment, new technologies

For citation: Lapyrev S.N. Sustainable construction technologies: an innovative GREEN CODE precast reinforced concrete system. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 4 (623), pp. 29–38. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-4\(623\)-29-38](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-4(623)-29-38). EDN: EYTLLH

Author contribution statement

The author takes responsibility for all aspects of the paper.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Received 14.08.2024

Revised 05.09.2024

Accepted 12.09.2024

Система GREEN CODE

GREEN CODE – это система сборного железобетона и сервисных опций, которые абсолютно уникальны по своему содержанию в части реализации концепта устойчивости. Технологический концепт системы позволяет реализовать преимущества использования в комплексе направлений (рис. 1).

GREEN CODE аккумулирует инновационную и устойчивую концепцию строительства, ориентированную непосредственно на архитекторов, девелоперов и разработчиков проектов, а также является системой стандартов качества для производителей сборного железобетона [1].

В основу инновационной системы сборного железобетона GREEN CODE разработчики интегрировали мировой опыт бетонного строительства, а также актуальные мировые тренды развития бетонных технологий.

Устойчивость

Устойчивость означает учет потребностей здесь и сейчас, не оставляя в стороне потребности будущих поколений в глобальном масштабе [2]. Это означает, что устойчивость выходит за рамки экологического аспекта, а также включает технологические, социальные и политические аспекты независимо от финансовой точки зрения. Для строительства это конкретно означает создание жилых помещений для людей, инфраструктуры для населения и рабочих помещений для предприятий, которые являются устойчивыми. Когда строят из бетона, строят на поколения вперед в долгосрочной перспективе и без ущерба для энергопотребления. GREEN CODE играет центральную роль в отношении устойчивости при целостном рассмотрении сборного производства и строительства. Это объединяющий элемент для устойчивого преобразования отрасли, строительная система будущего.

Индивидуальная архитектура

Здание проектируется и планируется в соответствии с предпочтениями потребителей, таким образом можно гарантировать высокий уровень индивидуальности строения. В идеале, если потребитель вовлекает разработчика в техническое планирование на раннем этапе, становится возможным достижение оптимального конечного результата, что позволяет использовать все возможности и оптимизировать строительные процессы, в том числе с экономической точки зрения.

Сетевое (массовое) строительство

Основой успешной координации всех операций является комплексное планирование. Команда разработчиков должна объединить архитектурные, статические и бытовые технические требования в заводском и детальном проектировании. В производстве сборных железобетонных изделий уже более 20 лет используется этот принцип планирования. Теперь этот подход для успешного строительства реализуется всеми заинтересованными сторонами в рамках проектирования TIM. Все участники должны интегрироваться в процесс, который является частью одного большого системного процесса. Для строительной площадки работы могут производиться координировано благодаря надлежащему предварительному планированию.

С помощью GREEN CODE архитекторы и строители получают самое важное: конструктивные элементы, которые производятся в соответствии с индивидуальными потребностями, и пакет услуг, который обеспечивает надежное проектирование с самого начала. К ним относятся архитектурная и статическая концепция, поддержка с проверенными деталями исполнения; определение количества требуемых элементов с последующим планированием бюджета для архитекторов; планирование доставки на строительную площадку с высокой точностью; комплексное планирование производственных процессов, которое интегрирует все этапы в производственные и сборочные планы [1, 3].

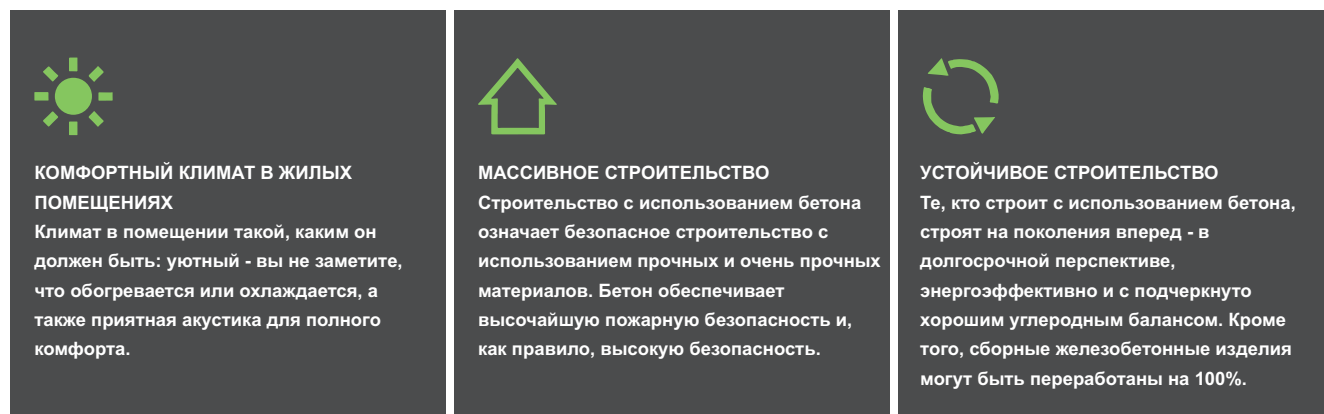


Рис. 1. Направления комплексного использования системы сборного железобетона GREEN CODE

Fig. 1. Directions of integrated use of the GREEN CODE precast concrete system



Рис. 2. Основные факторы эффективности строительной системы GREEN CODE

Fig. 2. The main factors of efficiency of the GREEN CODE construction system

Эффективность

Как и любая строительная система, GREEN CODE создана с помощью сети экспертов по физическому моделированию зданий, по пожарной безопасности, по проектированию акустики помещений и многому другому. Инновационная система GREEN CODE считается одной из наиболее энергоэффективных систем и позволяет экономить в долгосрочной перспективе.

В основу эффективности системы GREEN CODE заложена общность комплексного успешного решения триединой задачи: детальное планирование, максимальное использование архитектурных и креативных возможностей бетона, максимальная реализация возможностей высокотехнологичного оборудования (рис. 2).

Свобода дизайна

Бетон с его высокой несущей способностью и свободной формуемостью является одним из наиболее важных креативных материалов современной пластичной архитектуры. GREEN CODE может расширить

возможности материала за счет промышленного проектирования и сборного производства, обеспечивая дополнительную точность конструкции и отделки. Здание с GREEN CODE узнаваемо по свободе дизайна и отличному исполнению конструкции. Для архитекторов GREEN CODE означает совокупность свободы дизайна в сочетании с уверенностью в планировании, креативные идеи архитекторов превращаются в здания, ориентированные на будущее.

Техническое планирование

Для получения высококачественных результатов, обоснованных расчетов и своевременного выполнения строительных работ необходимо детальное планирование (рис. 3). Вся информация формируется и объединяется в комплексный генеральный план САПР, на основе архитектурных планов бюро постепенно интегрируются планы проектирования, а также планы соответствующих работ. Все элементы, от металла и бетона до электропроводки, встроены в потолки и стены. Именно здесь закладывается основа для функционального здания и жизнеспособной конструкции. Мониторинг коллизий на основе BIM-модели выявляет и разрешает конфликты между структурами на ранней стадии, а не только тогда, когда дом уже стоит. Концепция GREEN CODE объединяет промышленные стандарты и индивидуальное проектирование вплоть до приемки строительства.

Промышленное производство

САПР является основой высокотехнологичного автоматизированного производства. Сварочный робот обеспечивает точное позиционирование арматуры. С помощью лазеров и опалубочных роботов, а также небольшого применения ручного труда арматура и изоляция укладываются на опалубочные поддоны, заливаются бетоном и уплотняются вместе с теплопроводами, комплектующими и доборными элементами (рис. 4). На время твердения и «созревания» элементы вместе с поддоном опалубки помещаются на промежуточное хранение в термокамеры в оптимальных условиях. Таким образом, бетон дей-

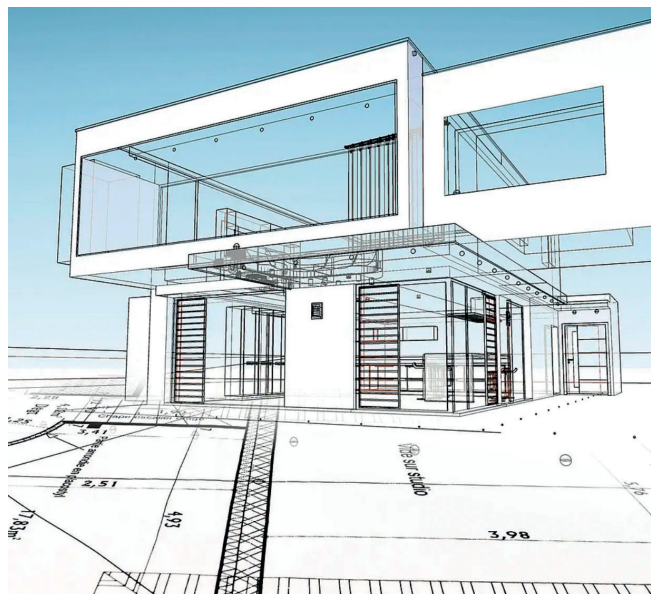


Рис. 3. Автоматизированное планирование и проектирование

Fig. 3. Automated planning and design

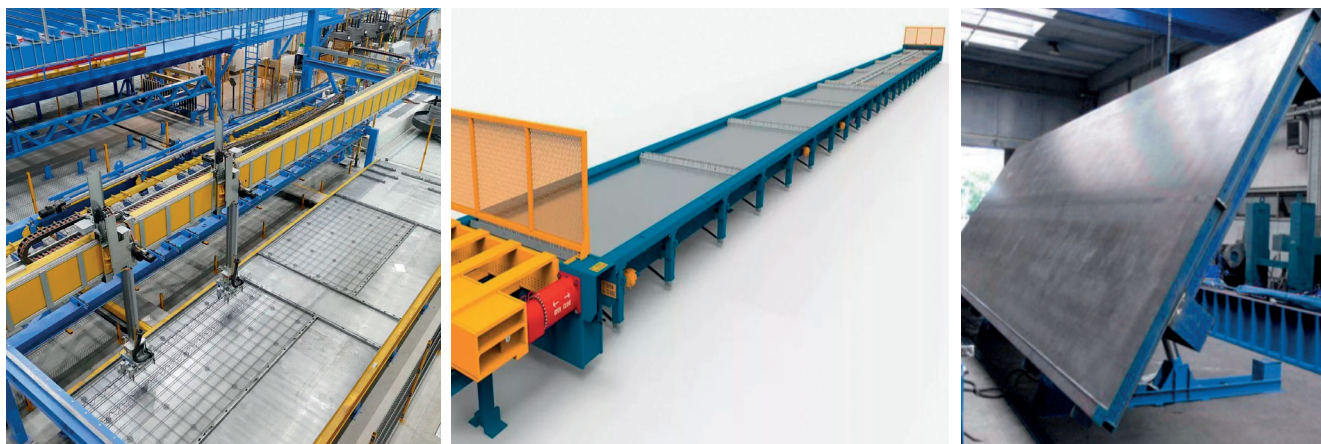


Рис. 4. Оборудование для производства конструктивных элементов GREEN CODE

Fig. 4. Equipment for the production of GREEN CODE structural elements

ствительно может достичь своей расчетной несущей способности. Здесь никакие дожди не разбавляют состав, никакое солнце не снижает конечную прочность, никакие морозы не наносят кристаллы на поверхности. На строительную площадку доставляются и монтируются высококачественные по структуре и филигранные по размеру строительные элементы. При средней и малой производственных программах возможно применение поворотных и линейных стенов.

Комплексное исполнение

По согласованию с эксплуатантами-исполнителями оборудование для дома уже интегрировано на заводе или подготовлено к установке. По концепту максимальной префабрикации необходимые трубопроводы, полости, закладные элементы учитываются и монтируются в элементах на этапе производства

изделия (рис. 5). Таким образом, линии отопления/охлаждения в потолке с кондиционером GREEN CODE полностью установлены и могут быть подключены подрядчиком по отоплению/охлаждению на месте. Водяные и вентиляционные сети прокладываются в соответствии с планом. Один строитель не мешает другому, процесс монтажа и подключения идет быстрыми темпами. Формирование полостей и штробы на строительной площадке – это строительство прошлых лет.

Благодаря промышленному сборному производству строительных элементов можно оснастить стены и потолки различными инженерно-техническими элементами (рис. 6). Помимо чисто статической функции, стены и потолки также используются для повышения качества и комфорта жилья и оптимизации энергетического баланса.

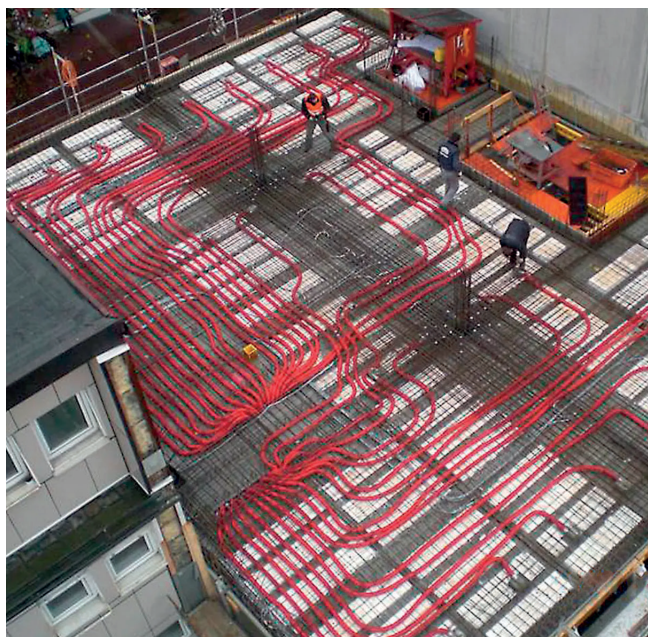


Рис. 5. Реализация концепта максимальной префабрикации
Fig. 5. Implementation of the concept of maximum pre-fabrication



Рис. 6. Оснащение здания инженерно-техническими элементами
Fig. 6. Equipping of the building with engineering and technical elements

Инновационное жилищное строительство

Смысл понятия «инновации» – это реализация нового, передового решения конкретной проблемы, внедрение нового продукта или применение нового процесса. GREEN CODE – это инновационное жилищное строительство и новые продукты, которые предлагают перспективное решение. Сборные железобетонные конструкции системы GREEN CODE не только защищают от внешних воздействий, но и обеспечивают кондиционирование воздуха (отопление и охлаждение), даже увеличивают полезное жилое пространство за счет более узкой конструкции стен (рис. 7). Охлаждение становится все более важным в городских районах: с помощью GREEN CODE можно действовать устойчиво, одновременно останавливая последствия потепления климата в своих собственных домах.



Рис. 7. Инновационные решения для жилищного строительства
Fig. 7. Innovative solutions for housing construction

Обзор конструктивных бетонных элементов

Климатический потолок GREEN CODE – это промышленный сборный потолочный элемент с трубчатыми теплообменниками на уровне поверхности и встроенными изоляционными элементами (рис. 8). В бетонном диске (несъемная железобетонная опалубка) установлены пространственные арматурные каркасы, являющиеся несущей продольной арматурой, и минимальное количество поперечной арматуры. Регистры нагрева и охлаждения, встроенные в элементы, состоят из гибких термо- и хладостойких труб. На основе расчета потребностей в тепле и охлаждении расстояние между трубами оптимизируется и планируется индивидуально для каждого помещения. Благодаря встроенным изоляционным элементам обеспечивается более короткое время отклика и, как следствие, более быстрое изменение температуры в помещении. Кроме того, изоляционный слой предотвращает длительное затухание потолка. После укладки элементов на строительной площадке, установки дополнительных слоев арматуры, профессионального подключения регистров труб к распределителю и твердения монолитного бетона получается динамичная, термически активируемая монолитная потолочная система. Климатические потолки GREEN CODE обогревают или охлаждают помещение в зависимости от потребностей: за счет теплового излучения они напрямую регулируют температуру пола, стен, мебели и всех других предметов интерьера, а не воздуха. Тепловое излучение стен предотвращает рост плесени. Это обеспечивает здоровый и комфортный климат в помещении.

Кроме того, климатические потолки GREEN CODE могут быть оснащены звукоизоляторами, в том числе чтобы оптимизировать акустику помещения. Возникает комбинация акустического и климатического потолка. Поскольку шум и длительное время реверберации являются основным фактором стресса на рабочем месте и дома, звукопоглощающие устройства снижают уровень реверберации до расчетного

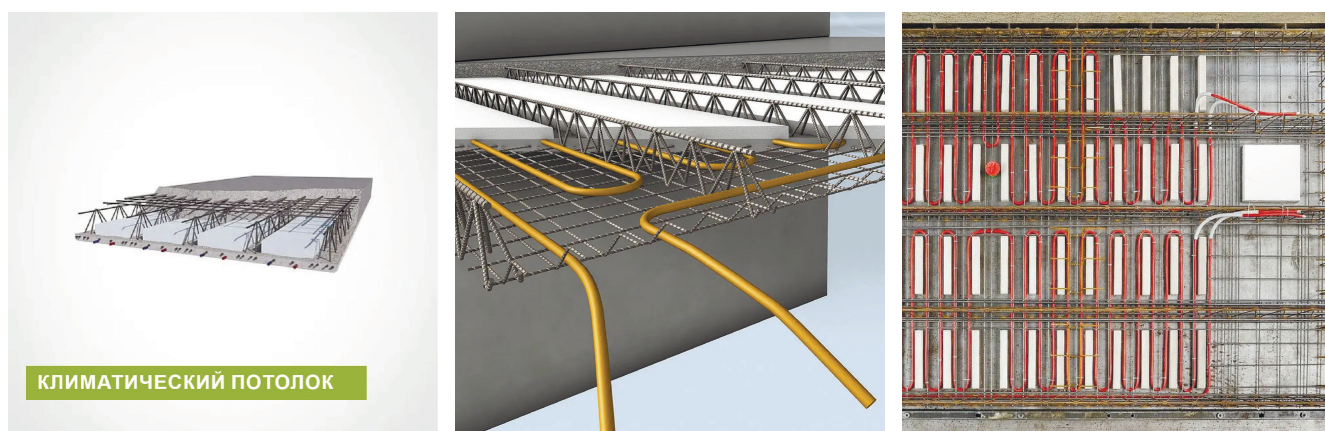


Рис. 8. Конструктивные особенности климатического потолка
Fig. 8. Design features of the climate ceiling

идеального значения при запланированном использовании помещения, тем самым способствуя благополучию и созданию продуктивной рабочей и бытовой атмосферы.

Главный принцип системы – нагревается не воздух, а предметы: пол, стены, мебель; все, что находится в помещении. Для этого прокладываются трубопроводы в перекрытии и инертно нагреваются до температуры поверхности около 26 °С. Энергия излучается в помещение в виде тепловых лучей. Там, где волны тепла попадают на предметы, они нагреваются. Воздух, прилегающий к потолку, также нагревается; ему больше не нужно подниматься или опускаться. Он уже находится наверху, образуя тонкую воздушную подушку с теплым воздухом под потолком. Тепло не рассеивается, воздух не циркулирует. Измеряемая температура воздуха в волновых обогревателях может быть примерно на 3 °С ниже, чем в конвекционных обогревателях, – термометр показывает 20 °С, а кажется, что это 23 °С, что экономит около 18 % энергии.

В теплое время года система климатического потолка GREEN CODE переключается на охлаждение. Но принцип теплового излучения используется и здесь: холодная вода пропускается через трубопроводы в перекрытии. Циркулирующая холодная вода в трубах нагревается, отводя тепловую энергию. Таким образом охлаждается все помещение.

Система GREEN CODE предлагает решение для каждого сезона: хорошая изоляция тепловой стены защищает не только от холода зимой, но и от жары летом. Благоприятный климат в жилых и рабочих помещениях при мизерном потреблении энергии.

Обзор других бетонных элементов

Акустический потолок GREEN CODE создает возможность оптимизировать акустику помещения в соответствии с особыми требованиями. В зависимости от варианта исполнения может быть достигнута номинальная степень звукопоглощения (α_w) 0,4 (при $\alpha = 0,6$ в диапазоне средних и низких частот).

Акустический потолок – это потолочный элемент промышленного изготовления с одинаковыми, правильно расположенными прямоугольными, в основном сквозными отверстиями (рис. 9). В бетонном диске установлены тригональные каркасы, несущая продольная арматура, минимальная поперечная арматура и, возможно, потолочная арматура. Встроена арматура с перфорацией. Непосредственно над отверстиями со стороны конструкции размещается резонатор, охватывающий одно или несколько отверстий. Звуковой корпус частично заполнен изоляционным материалом.

Акустический потолок можно оставить с открытыми проемными прорезями. Здесь должны соблюдаться меры предосторожности при монтаже и бетонировании.

Элементное перекрытие акустического потолка представляет собой промышленный сборный элемент, состоящий из бетонной плиты с металлической опалубкой и встроенными тригональными каркасами в качестве опор и минимальной поперечной арматурой (рис. 10). Несущая продольная арматура уже встроена в потолочный элемент на заводе. После укладки элементов на строительной площадке, интеграции любых дополнительных слоев арматуры и твердения монолитного бетона получается монолитная потолочная система со статическим натяжением по одной оси.

Элементный потолок с наполнителями (ребристый балочный потолок) представляет собой промышленный сборный элемент, состоящий из бетонной плиты, гладкой, как металлическая опалубка, со встроенными тригональными каркасами в качестве опор и минимальным поперечным усилением.

Несущая продольная арматура уже установлена на заводе в потолочном элементе, между ними находятся наполнители из полистирола. После укладки элементов на строительной площадке, интеграции любых дополнительных слоев арматуры и твердения монолитного бетона получается монолитная потолочная система со статическим натяжением по одной оси.

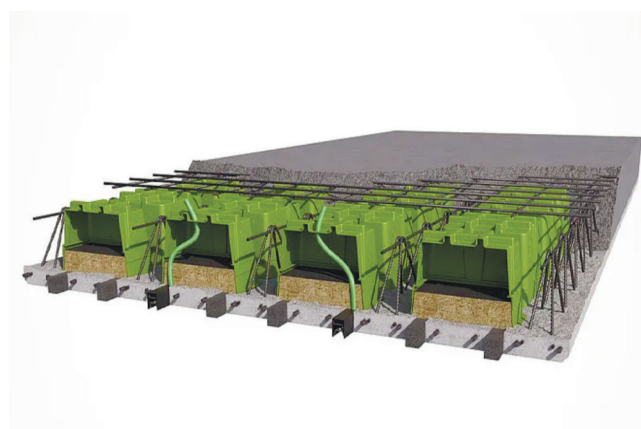


Рис. 9. Конструктивные особенности акустического потолка
Fig. 9. Design features of the acoustic ceiling

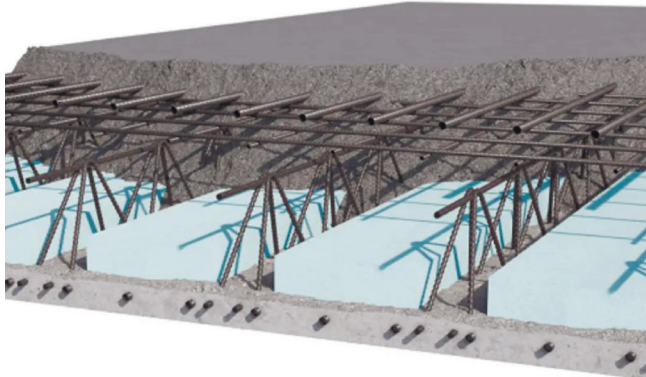


Рис. 10. Конструктивные особенности элементного перекрытия
Fig. 10. Structural features of the element floor

ХМ-перекрытие

ХМ-перекрытие (рис. 11) представляет собой промышленный сборный потолочный элемент с поперечной арматурой, состоящий из бетонного диска со встроенными тригональными каркасами, несущей продольной арматуры, минимальной поперечной арматуры, встроенной сквозной арматуры.

После укладки элементов на строительной площадке, интеграции дополнительных слоев арматуры и твердения монолитного бетона получается двухосно напряженная монолитная потолочная система.

ECO SLAB

Оптимизированная акустика помещения, простое и устойчивое отопление и охлаждение – обычно сочетание этих характеристик возможно только с помощью подвесных потолочных систем. Акустический климатический потолок GREEN CODE объединяет их уже в черновом исполнении – комбинация акустического и климатического потолка делает это возможным.

Каждый бетонный потолок требует армирования, чтобы справиться со статическими проблемами, с которыми сталкиваются самые разные типы зданий.



Рис. 11. Конструктивные особенности ХМ-перекрытия
Fig. 11. Design features of the XM-floor

С помощью GREEN CODE Eco Slab можно отказаться от части стальной арматуры и заменить ее экологически чистой моделью без потери статических характеристик. Благодаря углублению корпуса GC Box можно сэкономить на сборном потолке не только на стали, но и на бетоне, что обеспечивает значительное снижение веса потолка. Коробка GC изготовлена из 100%-ного переработанного полипропилена, который может быть полностью переработан в конце срока службы здания, что делает его наиболее экологичным решением.

GREEN CODE Eco Slab – это сборный железобетон промышленного назначения, армированный крест-накрест. Он состоит из бетонной плиты со встроенными тригональными каркасами, несущей продольной арматуры, минимальной поперечной арматуры, а также встроенной сквозной арматуры и полыми элементами из переработанного полипропилена коробки GC (рис. 12). GC Box состоит из заводского основания (GC Base) и дополнительной крышки (GC Top), установленной сбоку. Коробка имеет различную геометрическую конфигурацию, соответствующую геометрии перекрытия.

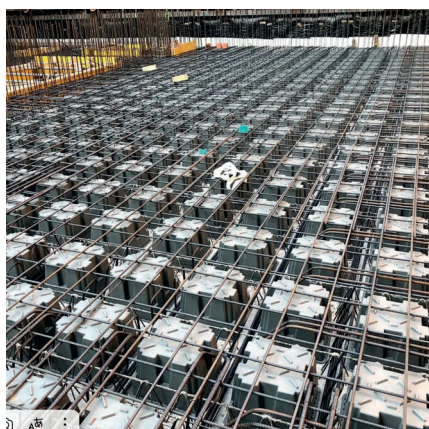


Рис. 12. Конструктивные особенности ECO SLAB
Fig. 12. Design features of ECO SLAB

Основные преимущества заключаются в экономичности системы и снижении веса за счет увеличения объема вытеснения без ущерба для несущих свойств перекрытия. Благодаря наполнителям монолитный бетон экономится, что снижает собственный вес потолка. Экономия времени, эстетичный результат, а также повышенная безопасность на строительной площадке – основные системные преимущества. С помощью GC Box можно сэкономить до 20 % веса перекрытия без потери статической устойчивости. Собственный вес потолка уменьшен, но нагрузку на потолок можно поддерживать на прежнем уровне. Это снижение собственной нагрузки конкретно означает, что, например, каждые пять этажей собственная нагрузка на весь этаж снижается и, таким образом, можно построить дополнительный этаж на том же фундаменте.

Термостена

Основанная на принципе внешней теплоизоляции термостена GREEN CODE со встроенной изоляцией представляет собой инновационное и эффективное решение для устройства контура здания. Термостена – это устойчивое индивидуальное решение с техническими и эстетическими преимуществами. Термостена GREEN CODE – это фасадный элемент, изготовленный промышленным способом. Он состоит из двух железобетонных панелей точного размера, соединенных между собой без перемычек, с внутренней теплоизоляцией. При этом внешнее несущее фасадное стекло представляет собой механическую защиту теплоизоляции (рис. 13).

Дизайн поверхности может быть выполнен различными способами: помимо структурного и цветного бетона, она также может быть выполнена в шлифованном, матовом или фигурном виде. Статическая арматура, соответствующая индивидуальным требованиям, предусмотрена на внутренней панели и в монолитном бетонном сердечнике. После монтажа элементов на строительной площадке и твердения монолитного бетона получается статическая моно-

литная фасадная система. Использование термостен позволяет реализовывать проекты в стандарте «кондиционированный дом» или в стандарте «пассивный дом».

Термостена позволяет использовать преимущества промышленного производства уже на стадии черновой сборки, спланированной и произведенной в контролируемых, не зависящих от погоды производственных условиях. Стеновые элементы с тремя оболочками доставляются на строительную площадку точно в срок. Для возведения на месте требуется немного времени и персонала. Упрощается логистика на строительной площадке и устраняется необходимость в сложной опалубке и арматуре. Вся бытовая техника, как и в системе климатического потолка GREEN CODE, уже учтена и соответствующим образом встроена. Строительство в системе GREEN CODE ведется в сжатые сроки.

Выводы

Инновационная система сборного железобетона GREEN CODE – это пример технической реализации тренда устойчивого строительства, позволяющий воплотить прогрессивные тенденции в части современных архитектурных форм, адаптивных конструктивных решений, высокотехнологичных производственных факторов, впитавший в себя основные постулаты устойчивого строительства: долговечность, климат-эффективное строительство, углеродная нейтральность, энергосбережение, энергоэффективность, ресурсосбережение, рециклинг. Это гарантированный тренд на пути в устойчивое будущее!

Список литературы / References

1. CONCRETE VISION.
2. UN report. 1987.
3. Das Green Code Magazin.
4. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР).
4. Our common future. Report of the International Commission on Environment and Development (ICEDD). (In Russian).

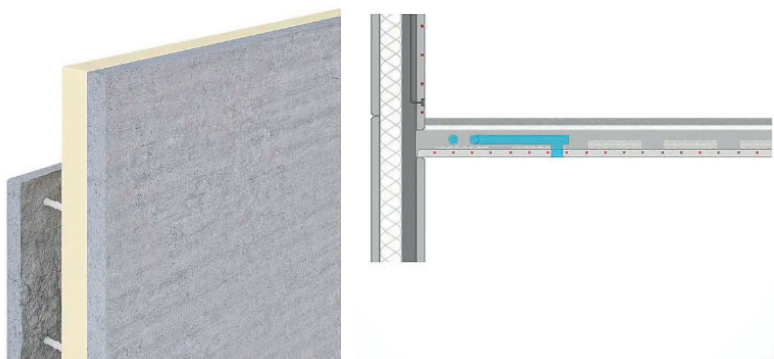


Рис. 13. Конструктивные особенности термостены
Fig. 13. Design features of the thermowall

5. Фаликман В.Р. На пути к устойчивому строительству // *Сборник статей XIV Международного научного форума*. Москва, 2023.

5. Falikman V.R. On the way to sustainable construction. *Collection of articles of the XIV International Scientific Forum*. Moscow, 2023. (In Russian).

6. DIN EN 1264-2. Water based surface embedded heating and cooling systems – Part 2: Floor heating: Methods for the determination of the thermal output using calculations and experimental tests; German version EN 1264-2:2021.

7. DIN EN 1264-3. Water based surface embedded heating and cooling systems – Part 3: Dimensioning; German version EN 1264-3:2021.

8. ISO 7730 / DIN EN ISO 7730. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005); German version EN ISO 7730:2005, Corrigenda to DIN EN ISO 7730:2006-05.

**Информация об авторе /
Information about the author**

Сергей Николаевич Лапырев, руководитель направления промышленных технологий, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»; член консультационно-экспертного совета, Ассоциация «Железобетон», Москва
e-mail: lapirev@gmail.com

Sergey N. Lapyrev, Head of the Industrial Technologies Department, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction; Member of the Advisory and Expert Council, Association "Reinforced Concrete", Moscow
e-mail: lapirev@gmail.com