

ВЫСОТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Михаил Марковский

канд. техн. наук, директор РУП "Институт БелНИИС"

Введение

Высотное здание является уникальным объектом с точки зрения архитектуры, конструкций, технологией возведения, эксплуатации и обеспечения его безопасности. Что же такое высотное строительство? Таковым принято называть в Республике Беларусь все многоэтажные здания жилого назначения высотой 75 м, общественного и многофункционального назначения высотой 50 м. За высоту здания принимают разность отметок от поверхности проезжей части ближайшего к зданию проезда до отметки пола верхнего этажа, не считая технического [1]. В мировой практике официально высоту здания оценивает Совет по высотным зданиям и городской среде (The Council on Tall Buildings and Urban Habitat, CTBUH). Высота здания оценивается от уровня тротуара у главного входа по четырем категориям:

- до уровня последнего этажа;
- до крыши сооружения;
- до верха конструктивных элементов здания;
- до архитектурной вершины сооружения (верхней точки шпиля, мачты, антенны, флагштока).

В настоящее время первенство среди построенных зданий удерживают:

- башня "Бурж Дубай", высотой 818 м, в г. Дубае (ОАЭ);
- башня "Тайбэй 101", высотой 509 м (КНР);
- башня "Сирс Тауэр", высотой 527 м (США).

Самой высокой среди отдельно стоящих конструкций, которая не попадает под определение "здание", является телебашня "Си-Эн Тауэр", высотой 553 м (Канада).

В мире существует негласное правило, что страны, построившие "высотки", входят в своеобразный клуб, членство в котором весьма престижно. К строительной элите сегодня активно "подтягиваются" наши соседи: Россия, Украина и Казахстан. Высотное строительство активными темпами развивается во всем мире. "Задали тон" этому строительству в США ещё в конце XIX столетия, в стране, которая считается родиной небоскребов. В Европе первые высотные здания появились только в 50-60-х годах прошлого столетия с отставанием от США на полвека. Позднее в гонку за высотой зданий активно включились страны Юго-Восточной Азии и страны Персидского залива. Весьма впечатляет опыт Китая. Гонка за высоту продолжается.

Республика Беларусь делает первые шаги в деле освоения высотного строительства. Освоение высотного строительства, безусловно, означает переход на совершенно новый, более высокий научно-технический уровень конструирования здания, обеспечения надежности и безопасности сложных инженерных систем, применения новых материалов и технологий интенсивного возведения зданий, средств измерения и контроля за строящимся сооружением. Высокая ответственность за проектирование, строительство и эксплуатацию высоток такова, что права на ошибку не дано [2]. Специалисты РУП "Институт БелНИИС" принимают самое непосредственное участие в создании и становлении белорусской школы "высотников".

1 Тенденции строительства высотных зданий

Архитектурное разнообразие современных высотных сооружений требует соответствующего конструктивного решения самого каркаса зданий. Первые небоскребы возводились на основе стального каркаса. Жесткость каркаса обеспечивалась исключительно решеткой стальных колонн. Использование стальных каркасов для конструкций высотных зданий имеет свои плюсы и минусы. Высокая стоимость стальных каркасов, низкий предел огнестойкости, ограничения конструктивного плана и др. составляют отрицательную сторону вопроса [3]. Поэтому начиная с 60-х годов стали востребованы комбинированные сталебетонные каркасы. В последние десятилетия монолитный железобетон стал преобладающим

конструктивным материалом небоскребов. Упор на этот материал сделан в Европе, ему же отдают предпочтения страны Юго-Восточной Азии и Персидского залива. Применение монолитного железобетона в зданиях высотой до 70 этажей позволяет повысить их жесткость, огнестойкость конструкций, обеспечивает большую устойчивость против прогрессирующего обрушения, способствует быстрому затуханию колебаний и обеспечивает реализацию смелых архитектурных замыслов.

Достигнутый уровень технологии монолитного бетона несомненно способствует развитию этого вида строительства, что немаловажно. Поэтому в Республике Беларусь высотные здания будут возводиться из монолитного железобетона. За последнее десятилетие в нашей стране сделаны весьма заметные и ощутимые шаги в деле создания и массового освоения новых конкурентоспособных опалубочных технологий, технологий модифицированного бетона, технологий возведения каркасных зданий, технологий строительства уникальных объектов и многое другое [4].

РУП "Институт БелНИИС" с целью изучения мирового опыта и тенденций в высотном строительстве принимал участие в международной конференции Совета СТВИН в г. Москве в 2008 г., международных конференциях по высотному строительству в г.г. Москве и Киеве. Посещение строящихся небоскребов позволяет более тщательно на практике изучить особенности проектирования, строительства, контроля качества и мониторинга за строящимися объектами. Следует отметить, что ведущие мировые фирмы весьма неохотно делятся своим опытом и не раскрывают свои технические "ноу-хау". Достаточно подробный анализ опыта строительства небоскребов в США, Канаде, странах Европы и Азии приведен в недавно вышедшей монографии в 2010 г. известного ученого из России Ю.Г.Граника [5]. В настоящей публикации мы остановимся на результатах посещения специалистами РУП "Институт БелНИИС" строящихся и построенных самых высоких зданий в мире.

Китай уделяет значительное внимание этому виду строительства. В мегаполисах, таких как Шанхай, Пекин, Харбин и др. упор сделан на строительство небоскребов из монолитного железобетона (рис. 1 и 2). Следует отметить, что в ряде регионов Китая сейсмичность может достигать 8-9 баллов. В этих условиях каркас из монолитного железобетона ведет себя прогнозируемо и обеспечивает устойчивость зданий при неблагоприятных сейсмических воздействиях. Проектирование и строительство небоскребов контролируется государством. Очень высокие требования предъявляются к квалификации и опыту персонала фирм, задействованных в проектировании и строительстве.



Рисунок 1 – Небоскребы на реки Хуанпу в г. Шанхае (декабрь, 2010 г.)



Рисунок 2 – Высотное здание в г. Харбин (Китай)

Проектирование и строительство самых высоких зданий в Китае разрешено лишь двум фирмам: Шанхайской и Пекинской строительным компаниям. Китай начал осваивать высотное строительство с совместного с иностранными компаниями (в основном США) проектирования и возведения подобных зданий. В настоящее время опыт Китайской Народной Республики позволяет самостоятельно осуществлять большую программу строительства жилых и административных зданий в высотном исполнении.

Несмотря на мировой экономический кризис, строительство высоток в КНР не сбавляет оборотов. В ноябре 2010 г. группа специалистов РУП "Институт БелНИИС" при содействии Шанхайской строительной ассоциации посетила строительство самого высокого здания в г. Шанхай (рис. 3). Высота здания составит 632 м.

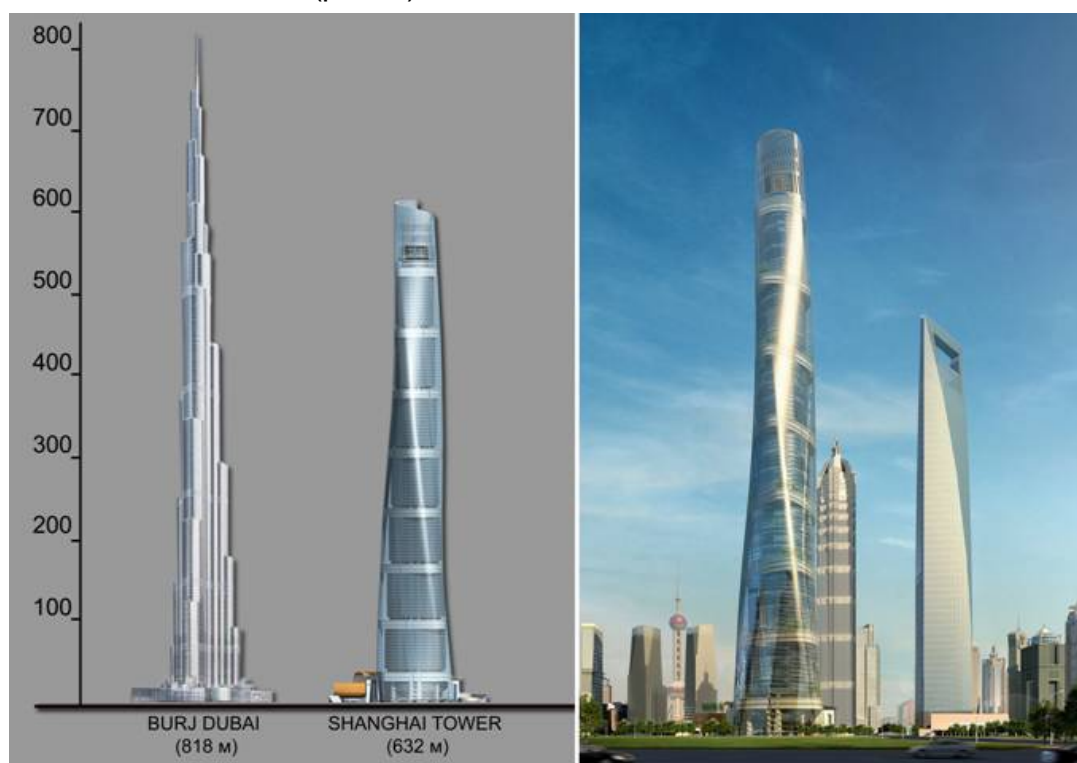


Рисунок 3 – Проект самого высокого строящегося здания высотой 632 м в Китае

Здание запроектировано американской компанией и выполнено из сталебетонного каркаса. В основу положены американские нормы с учетом требований норм Китая по нагрузкам, безопасности и пр. Объект был полностью запроектирован и разработана детальная технология строительства с учетом инженерно-геологических параметров площадки и стесненных условий строительства. В ходе посещения стройки и беседы со специалистами удалось выяснить, что проектирование и разработку технологии ведут параллельно и неотделимо друг от друга. К строительству приступают только после разработки и проверки независимыми организациями-экспертами всей проектной и технологической документации. Очень тщательно выполняют фундаменты и подземную часть сооружения. К возведению каркаса здания приступают только после устройства и контроля качества всего фундамента, представляющего собой свайное поле из буронабивных свай, объединенных жесткой фундаментной плитой. Количество свай – 3000 штук, длина свай – 89 м, диаметр свай – 1,0 м, расстояние между сваями в осях – 3,0 м, толщина плиты – 3,0 м (рис. 4). Подземные этажи здания будут возводить по технологии "сверху – вниз". Предполагаемый общий срок строительства с 2008 г. по 2014 г. В здании применяются в основном материалы и конструкции китайского производства. Рабочие и ИТР на стройплощадке – китайцы. Мы и дальше будем внимательно следить за этой стройкой.



Рисунок 4 – Строительство первых этажей здания Shanghai Tower (г. Шанхай, Китай)

Посещение группой специалистов нашего института строительства самого высокого здания в мире башни Бурж Дубай (BURJ DUBAI) в г. Дубай в ОАЭ (рис. 5) следует отметить особо.



Рисунок 5 – Строительство башни Бурж Дубай высотой 818 м (г. Дубай, ОАЭ)

Проект The Burj Tower разработали архитекторы и инженеры фирмы Skidmore, Owings & Merrill (г. Чикаго, США). Автор проекта — Эдриан Смит. Заказчик строительства — компания Emaar Properties PJSC. Строительство небоскреба осуществляли: Samsung (Республика Корея), Besix (Бельгия) и Arabtec JV (ОАЭ). Об уникальности The Burj Tower, не имеющего аналогов в мире, можно судить по его основным характеристикам: общая высота с металлическим шпилем — 818 м, высота железобетонного здания — 643,3 м, количество этажей — 164, общая площадь — 344 000 м² [6].

Строительство небоскреба началось в 2004 году и проходило со скоростью 1–2 этажа в неделю. На его создание ушло около 320 тыс. м³ бетона и более 60 тыс. тонн стальной арматуры. Бетонные работы завершены после возведения 160 этажа.

Делегация РУП "Институт БелНИИС" имела возможность ознакомиться с технологией возведения небоскреба и посетить 160-й этаж на высоте 611 м (рис. 6). На переговорах с компанией BESIX (Бельгия), оказавшей содействие в посещение строящегося объекта, мы смогли узнать о некоторых конструктивных и технологических особенностях уникального сооружения.



Рисунок 6 – Специалисты РУП "Институт БелНИИС" на 160 этаже башни Бурж Дубай (отметка 611 м)

Строительство небоскреба велось непрерывно в две смены по 12 часов с использованием самых передовых технологий. Высокомарочная бетонная смесь подавалась при помощи бетононасосов на высоту 611 м, что является абсолютным мировым рекордом. Распалубка монолитных конструкций осуществлялась через 10 часов. Эти показатели достигались за счет применения комплекса химических модификаторов бетона, состав которых фирмы нам не раскрыли.

Разработке технологии строительства столь высокого здания уделялось не меньше внимания, чем его проектированию. Высокие темпы строительства диктовали требования к самой конструкции каркаса. Фрагмент опалубочной технологии возведения башни приведен на рисунке 7. Мы благодарны фирме BESIX за предоставленную возможность воочию ознакомиться с выдающейся стройкой.



Рисунок 7 – Технология возведения монолитного каркаса башни Бурж Дубай

Многие другие секреты возведения рекордных по высоте зданий по известным причинам остались за кадром. Тем не менее, полученные сведения будут использованы при возведении белорусских высоток.

2 Нормы высотного строительства в Беларуси

В ранее существующей отечественной нормативной базе для зданий, высотой более 75 м, полностью отсутствовали нормативные документы не только по проектированию, пожарной безопасности, но и строительству. Однако громадный комплекс проблем, присущий высотному строительству, - архитектурных, инженерных, связанных с эксплуатацией и обслуживанием современных высоток, — ставит перед научными и инженерно-техническими работниками, проектировщиками, строителями, подразделениями по борьбе с чрезвычайными ситуациями весьма ответственные задачи, которые необходимо решить.

Республика Беларусь не располагает в полном объеме руководящими документами в области проектирования, экспертизы проектной документации, производства и контроля качества работ, эксплуатации и обеспечения комплексной безопасности высотных зданий. Следует отметить, что такой базы в полной мере не имеют и соседние страны СНГ - Российская Федерация и Украина. Несмотря на это они активно включились в процесс высотного строительства, привлекая иностранных специалистов для проектирования.

На сегодняшний день в Москве и Санкт-Петербурге действуют временные территориальные нормы для проектирования высоток [7]. Все это предопределило разработку в кратчайшие сроки отечественных нормативов. В зарубежной практике нормативы по проектированию и строительству высотных зданий также отсутствуют. Этими навыками владеет лишь небольшое количество зарубежных фирм, которые, в основном, и проектируют сооружения, не стремясь делиться своими знаниями. Информация является корпоративной и не подлежит разглашению.

По заданию Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь РУП "Институт БелНИИС" было поручено создать рабочие группы из наиболее квалифицированных ученых и специалистов ведущих организаций и в кратчайшие сроки разработать два нормативных документа — по проектированию и строительству высотных зданий. Между тем, даже разработчики нормативов, чем больше вникали в тематику этого вида строительства, тем больше выявляли проблемы и в научных исследованиях, и в проектных решениях по высотным сооружениям. Пока накоплен очень небольшой отечественный опыт по проектированию и строительству уникальных сооружений в нашей республике, проектированию и строительству высоток в России и Украине; нет полных данных по их эксплуатации и мониторингу; недостаточно полно изучен опыт строительства в Америке, Азии и Европе. Пока, надо признать, наши знания и опыт по высотному строительству ни в коей мере не снимают те сложности, те неопределенности и риски, которые ожидают всех участников процесса — заказчиков, инвесторов, проектировщиков, строителей, эксплуатационников. Опыт ближайших соседей пока недостаточен, чтобы делать определенные обобщения.

Вместе с тем, концентрация научного потенциала и консолидация усилий проектных, изыскательских и других организаций принесла свои плоды. В немыслимо сжатые сроки были разработаны, согласованы и утверждены два нормативных документа по высотному строительству.

Над разработкой ТКП 45-3.02-108-2008 Высотные здания. Строительные нормы проектирования принимали участие ведущие специалисты РУП "Институт БелНИИС" (руководитель разработки М.Ф.Марковский), Брестского государственного технического университета, Белорусского национального технического университета, Научно-исследовательского института пожарной безопасности и чрезвычайных

ситуаций Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Беларусь (НИИ ПБ и ЧС МЧС РБ) и ряда ведущих проектных институтов республики.

При разработке документа плодотворно поработали специалисты РУП "Институт БелНИИС" и НИИ ПБ и ЧС МЧС в плане совмещения конструктивных подходов с требованиями пожарной безопасности и эксплуатации высотных зданий. Что касается высотных зданий, то в нормативах введено ограничение до 200 м. Вряд ли целесообразно нам ввязываться в гонку за высоту на данном этапе. Так же введено ограничение по высоте 100 м для жилых зданий. Выше этой отметки, как правило, располагается зона смога города. Поэтому на этих высотах требуется устройство специальной системы вентиляции жизнеобеспечения жилых зданий.

Концептуально в рассматриваемом документе нашли отражение многие вопросы конструирования высоток из монолитного железобетона, устройства различных инженерных систем, расчёта на прогрессирующее обрушение, учет сейсмических нагрузок, особенности расчёта на ветровые нагрузки и многое другое. Эти вопросы заслуживают отдельных публикаций, и мы на них подробно не останавливаемся.

Разработка второго, не менее важного норматива ТКП-1.03-109-2008 "Высотные здания из монолитного железобетона. Правила возведения" [8] явилась весьма своевременной и актуальной задачей. Разработка документа легла на плечи в основном специалистов РУП "Институт БелНИИС" (руководитель разработки М.Ф. Марковский). В нормативе акценты сделаны на современные технологии возведения монолитных конструкций с применением различных опалубочных систем, оборудование для строительства на высоте, методы организационно-технологической подготовки и многие другие вопросы. Обращается внимание на необходимость совместной разработки конструкций и технологии возведения монолитных каркасов здания.

Однако оба норматива не могут отменить многие неопределенности и риски, присущи высотному строительству на всех стадиях инвестиционного процесса. При проектировании возникают сложности с учётом специфических нагрузок и их сочетаний (ветровые нагрузки, прогрессирующее обрушение, возможности терактов, пожаров и т.д.). Не менее сложна проблема обеспечения совместной работы в несущих конструкциях различных материалов, а также неравномерная нагруженность различных элементов каркаса.

Для строителей каждая "высотка" представляет уникальный объект, со своими технологиями, опалубками и механизмами и каждый раз они сталкиваются с новыми проблемами (рис. 8). При эксплуатации высоток каждый раз возникают новые задачи по обеспечению надёжной работы инженерных сетей и систем пожарной безопасности. Естественно, что инвесторы подвергаются рискам с труднопрогнозируемыми затратами на проект высотного здания.

3 Научное сопровождение строительства высотных зданий

Проектирование высотных зданий следует выполнять в соответствии со Специальными техническими условиями (СТУ). СТУ разрабатываются с учетом основных положений технического кодекса установившейся практики с целью конкретизации требований к архитектурно-планировочным и конструктивным решениям проектируемого высотного здания, уточнения противопожарных требований, требований к инженерным системам здания, системам мониторинга здания, как на стадии возведения, так и на стадии его эксплуатации, а также излагают порядок осуществления научно-технического сопровождения и др. вопросы. Практика создания СТУ на высотные здания существует в России и Украине.



Рисунок 8 – Технологическая "одежда" при строительстве небоскреба (г. Дубай)

С целью нормализации и упорядочения системы разработки, согласования и утверждения СТУ Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь поручило специалистам РУП "Институт БелНИИС", Научно-исследовательского института пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и РУП "Стройтехнорм" разработать ТКП 45-1.01-... "Специальные технические условия в области архитектуры и строительства. Порядок разработки, построения, изложения, согласования и утверждения" [9]. Разработка документа завершена в 2010 г. Технического кодекс установившейся практики распространяется не только на высотные сооружения, но и на сложные, экспериментальные объекты, на которые отсутствуют нормы проектирования. В соответствии с этим документом СТУ разрабатываются организациями, уполномоченными Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь и Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Для высотных зданий и сооружений из монолитного железобетона уполномоченной организацией является РУП "Институт БелНИИС". Для разделов СТУ содержащие противопожарные требования к объектам уполномоченной организацией является НИИ ПБ и ЧС МЧС РБ. Эти две организации уже имеют опыт совместной разработки СТУ для ряда проектируемых высоток в г. Минске и ряд СТУ находится в разработке.

Важным и обязательным условием высотного строительства является научно-техническое сопровождение и осуществление мониторинга поведения здания в

процессе строительства и эксплуатации. В Республике Беларусь накоплен немалый опыт научного сопровождения строительства уникальных объектов. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь поручало РУП "Институт БелНИИС" вести научное сопровождение строительства Национальной библиотеки Беларуси, Витебского амфитеатра, спортивного комплекса "Минск-Арена" [10] и др. Под научным сопровождением понимается широкий круг решаемых задач. Это не только контроль качества бетонной смеси и бетона в конструкциях, арматуры и других материалов независимыми аккредитованными лабораториями. Технология возведения высотного здания из монолитного железобетона не менее ответственная задача, чем и само проектирование. Как отмечалось выше, конструирование каркаса здания и технология его возведения ведутся параллельно и это правило выработано мировой практикой и не подвергается пересмотру даже опытными фирмами.

В нашем понимании научное сопровождение строительства не ограничивается функциями контроля качества материалов и работ, а наоборот упор делается на разработку и внедрение новых технологий строительства из монолитного железобетона, активное продвижение принципов технологичности конструкций в реальную практику, исследование нагрузок и воздействий на стадии возведения зданий, осуществление мониторинга конструкций и грамотной интерпретации его результатов, анализ конструктивно-технологических решений несущих элементов каркаса с целью обеспечения надежности и безопасности высотных зданий и многих других вопросов. Повсеместная практика ставит все новые и новые задачи, которые не отражены в нормативной документации и которые нуждаются в научно обоснованных подходах.

В настоящее время в Республике Беларусь все внимание приковано к строительству первого небоскреба "Административно-торгового центра по проспекту Победителей, 7 в г. Минске" (высота – 130 м) (рис. 9). Научное сопровождение строительства этого здания ведет РУП "Институт БелНИИС". В настоящее время возведено более половины высоты монолитного железобетонного каркаса. Специалисты института оказали существенную помощь в сопровождении строительства на начальном этапе, еще одной "высотки" строительство которой сейчас ведется в г. Минске – Бизнес – центра по ул. М.Танка, высота по отметке верха шпиля – 132 м. Первый опыт строительства высоток выявил ряд проблем и особенностей по всем направлениям, которым не уделялось должного внимания. В первую очередь необходимо преодолеть психологический барьер практически всеми участниками инвестиционного проекта. Прежде всего мы имеем дело не с рядовым объектом, а с очень ответственным сооружением. Поэтому приступать к строительству небоскреба, необходимо только после полноценной экспертизы всего проекта и в первую очередь разделов касающихся фундаментов и каркаса.

Дублирующие расчеты каркаса здания двумя независимыми организациями с использованием различных программных комплексов являются обязательными. Это мировая практика. К сожалению, имелись попытки параллельного проектирования и строительства самого каркаса здания, что недопустимо. Как отмечалось ранее, разработка технологии возведения здания не менее ответственная задача и, как правило, ведется параллельно с проектированием. Опять же имеется определенное недопонимание в этом направлении. Нельзя приступать к строительству уникальных объектов, какими являются "высотки", без полноценной и детальной разработки технологии строительства. От этого зависит качество строительства и безопасность производства работ на высоте. Не менее актуален вопрос мониторинга за поведением здания, как при строительстве, так и при эксплуатации. Необходимо отслеживать и изучать поведение эксплуатируемых зданий в существующей застройке. Эту работу специалисты РУП "Институт БелНИИС" выполняет на возводимом высотном здании по пр. Победителей в г. Минске. Эти и многие другие специфические вопросы найдет отражение в наших будущих публикациях.



Рисунок 9 – Строительство первого высотного здания Административно-торгового центра высотой 130 м по проспекту Победителей, 7 в г. Минске (март, 2011 г.)

Учитывая важность и актуальность высотного строительства для нашей страны по заданию Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь в РУП "Институт БелНИИС" выполняется комплекс научно-исследовательских работ, такие как:

- разработка конкурентоспособной технологии возведения монолитных каркасов высотных зданий;
- разработка высококачественных модифицированных бетонов с высокими эксплуатационными показателями;
- разработка бессварочных соединений арматуры на основе винтовых муфт;
- выполняются исследования принципиальных подходов к инструментальному мониторингу и аналитической оценке напряженно-деформированного поведения несущего каркаса здания и др.

Специалисты института Совместно с проф. Туром В.В. (Брестский государственный технический университет) разработаны рекомендации по расчету устойчивости высотных зданий с поперечными монолитными стенами к прогрессирующему обрушению [11]. Можно констатировать, что первые шаги в строительстве белорусских небоскребов уже сделаны.

Список использованных источников

1. ТКП 45-3.02-108-2008 Высотные здания. Строительные нормы проектирования.
2. Марковский М. Высотное домостроение. Без права на ошибку. // Архитектура и строительство. – 2007., №1 – с. 44 – 47.
3. Магай А.А. Материалы и конструкции высотных зданий. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008., №8 – с. 82 – 83.
4. Марковский М.Ф., Нехай В.С., Ашмян М.Л. и др. Интенсивное возведение монолитных конструкций комплекса "Минск-Арена": научное сопровождение и технологии. // Архитектура и строительство. – 2010., №3 – с. 68 – 79.
5. Граник Ю.Г. Строительство высотных зданий. Монография. Москва: ОАО "ЦНИИЭП жилых и общественных зданий". – 2010. – 480 с.
6. Марковский М.Ф., Блещик Н.П. О выставке Республики Беларусь в Объединенных Арабских Эмиратах. // Строительная наука и техника. – 2008. №6. – с. 22 – 23.
7. МГСН 4.19-2005 Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в г. Москве.
8. ТКП 45-1.03-109-2008 Высотные здания из монолитного железобетона. Правила возведения.
9. ТКП 45-1.01... Специальные технические условия в области архитектуры и строительства. Порядок разработки, построения, изложения, согласования и утверждения.
10. Абрамчук М., Марковский М. Новые опалубочные технологии возведения монолитных конструкций Национальной библиотеки Беларуси. // Архитектура и строительство. – 2005., №1 – с. 98 – 100.
11. Рекомендации по расчету устойчивости высотных зданий с поперечными монолитными стенами к прогрессирующему обрушению. // Минск, РУП "Институт БелНИИС". – 2010 г.