

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ И РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕХНИЧЕ- СКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ БАШНИ «ЭВОЛЮЦИЯ»

THE PRACTICAL EXPERIENCE IN COMPILING INFORMATION AND ANALYTICAL MODELS BASED ON THE RESULTS OF TECHNICAL INSPECTION, ON THE EXAMPLE OF THE EVOLUTION TOWER

А. В. БЕЛЯЕВ

С. С. АНТИПОВ

Рассмотрены основные особенности построения информационной и расчетной моделей на стадии технического обследования на примере башни «Эволюция». Особое внимание уделяется пониманию необходимости информационной модели как результата работ по обследованию и создания структурированной базы данных по объекту.

Также рассмотрены некоторые особенности выполнения поверочного расчета башни Эволюция и ее отдельных элементов в виде практических примеров выполнения требований нормативных документов к расчету конструкций. Описан практический опыт разработки конечно-элементной модели.

Ключевые слова:

Жизненный цикл объектов строительства, информационное моделирование, расчет конструкций, техническое обследование

The main features of the design of information and computational models at the technical inspection stage shown by the example of the Evolution tower. Special attention is given to understanding the need for an information model as a result of survey work and the creation of a structured database on an object.

Also in the article are some features of the execution of the calculation of construction of the Evolution tower and its particular elements in the form of practical examples of compliance the requirements of regulatory documents for the calculation of structures. It also provides practical experience in developing a finite element model.

Keywords:

Calculation of structures, information modelling, life cycle, technical inspection

Введение

Необходимость технического обследования несущих конструкций здания или сооружения возникает в случае инициации события, при котором изменяются нагрузки на несущие конструкции, меняется форма конструкций (устраиваются проемы, выполняются усиления и т.д.), либо эксплуатирующая организация выявляет дефект (дефекты). В первую очередь специалист-обследователь собирает исходные данные о здании.

Процесс получения исходных данных напрямую связан с тем, в каком состоянии хранилась информация об объекте обследования до его начала. Возможны случаи, когда документация об объекте утеряна полностью. Специфика работы при таких обстоятельствах в настоящей статье не рассматривается.

Наиболее распространен случай, когда эксплуатирующая организация передает набор документации в виде архивных чертежей в бумажном либо электронном формате. При этом состав и объем обследования здания в соответствии с действующей нормативной документацией [1] достаточно легко определить. Возможны случаи, когда заказчик либо предоставляет информационную модель здания, либо просит ее разработать по результатам технического обследования.

При работе по обследованию башни «Эволюция» заказчиком был предоставлен неполный набор документации в бумажном и в электронном виде. По результатам работы необходимо было создать информационную модель башни и прилегающего стилобата, а также выполнить поверочный расчет несущих конструкций комплекса зданий.

Применение информационного моделирования на стадии технического обследования зданий и сооружений

На протяжении всего жизненного цикла объекта строительства генерируется огромное количество информации, которую необходимо хранить в каком-либо виде и управлять ею. В настоящее время для решения этих задач применяют современные технологии, программные средства, а также используют мировой опыт проектирования, строительства и эксплуатации строительных объектов различными организациями. Наиболее актуальной и перспективной технологией, позволяющей работать с информацией о строительном объекте, является технология информационного моделирования, которая позволяет работать с данными на протяжении всего жизненного цикла здания и затрагивает множество аспектов строительства, таких как построение бизнес-процессов, архитектурное проектирование, прочностные расчеты, эксплуатация объектов и многое другое [2].

В процессе эксплуатации железобетонные конструкции зданий подвергаются воздействию различных факторов, как контролируемых, так и неконтролируемых (влияние агрессивной среды, температурно-влажностного режима, превышение допустимых эксплуатационных нагрузок, проведение строительных работ низкого качества и прочее), изменяющих их начальные свойства и приводящих к потере работоспособности всей несущей системы здания. Информация о подобных воздействиях на конструкции должна храниться в информационной модели, а рациональное решение на основе этой информации должен принимать специалист. Применение рассматриваемой технологии

позволяет сократить потери информации (рис. 1), что было детально описано основоположниками информационного моделирования (Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston) и подмечено сотрудниками НИИЖБ им. А.А. Гвоздева относительно состояния вопроса в нашей стране [3, 4]. Красными точками на рис. 1 показаны инициированные события, часть из которых сопровождается техническим обследованием, которое, в свою очередь, увеличивает объем информации о здании.

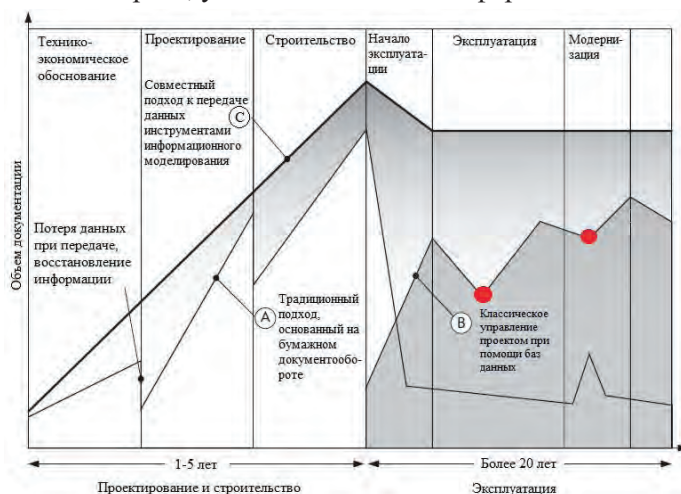


Рис. 1. Потери информации на жизненном цикле объекта: А – традиционный подход, основанный на бумажном документообороте; В – классическое управление проектом с помощью баз данных; С – работа без информационного моделирования

Уместно отметить, что приведенные выше данные больше относятся к сводной цифровой модели, включающей в себя все разделы проектной документации, либо к информационной модели, в состав которой, в соответствии с СП 333.132.5800.2017 [5], входят цифровая информационная модель (ЦИМ), инженерная цифровая модель местности (ИЦММ), а также совокупность всех представленных в электронном виде документов, размещаемая в среде общих данных и представляющая собой единый достоверный источник информации по объекту. Что же касается информационной модели конструктивной системы здания, то в настоящее время можно говорить, что она требуется только при необходимости увеличения нагрузок, при изменении формы конструкций, либо выявлении дефектов конструкций. До наступления этих событий информационная модель несущих конструкций является неизменной. Исключением может быть получение новых данных при мониторинге за поведением зданий и сооружений. Сама по себе, разработанная в рамках работ по обследованию башни цифровая информационная модель не является полной, так как содержит только данные об архитектурных и конструктивных решениях.

Изучение процесса построения цифровой информационной модели здания во время его технического обследования является развитием как технологии информационного моделирования (building information modeling), так и технологии управления техническими объектами недвижимости (facility management).

Построение информационной модели несущих конструкций башни «Эволюция»

Как и при любом применении технологии информационного моделирования, для работы с башней «Эволюция» требовалось получить от заказчика цель разработки информационной модели, а также степень ее проработки.

Цель построения цифровой информационной модели – получение заказчиком актуальной информации о несущих конструкциях здания (фактическое расположение, сечения элементов, наличие проемов и т.д.) и сведения их в одну базу – информационную модель. Степень проработки здания до этого не была описана в виде уровней проработки (LOD – level of Detail). Наполнение модели определялось перечнем параметров, которые должны быть получены в результате обследования. Кроме несущих конструкций, модель должна была содержать фактические нагрузки, а также информацию о материалах и дефектах несущих конструкций. Общий вид полученной цифровой информационной модели показан на рис. 2.



Рис. 2. Цифровая информационная модель башни

По результатам работ можно выделить следующие особенности обследования и построения информационной модели высотных зданий.

1. Наличие большого объема технической документации на здание значительно увеличивает процесс составления программы обследования. Были проанализированы 210 томов рабочей документации раздела конструктивных решений, а также многочисленные отчеты о прочностях конструкций и прочие разделы документации.

2. График выполнения работ по обследованию несущих конструкций здания необходимо разрабатывать с учетом проведения ремонтных работ. В процессе обследования, которое выполнялось в течение трех месяцев, во многих помещениях несущие конструкции стали недоступны для работ (рис. 3).

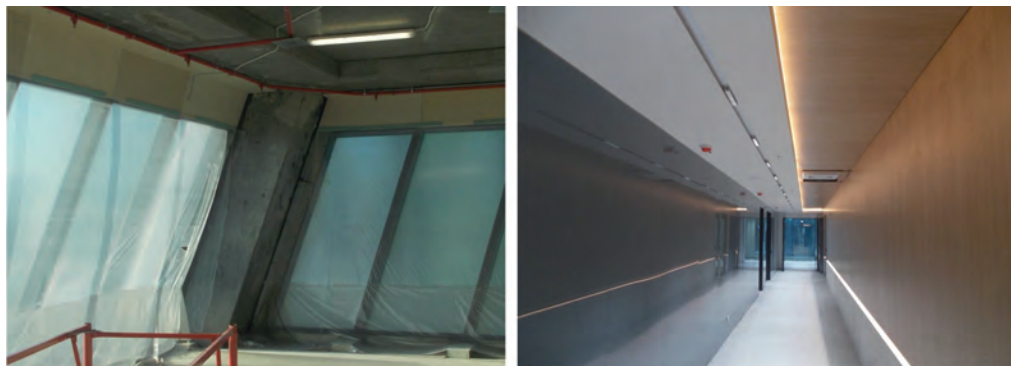


Рис. 3. Помещения, доступные для обследования (слева), и с выполненным во время обследования ремонтом (справа)

3. С целью конкретизации информации, присваиваемой элементам модели, необходимо определять уровень проработки элементов с учетом требований к информации, получаемой в результате обследования. Уровень проработки должен зависеть от того, каким образом далее будет использоваться информационная модель. Например, на практике применимы как варианты с нанесением дефектов на планы (рис. 4), так и с моделированием дефектов на самих элементах конструкций (рис. 5). В обоих случаях информация приводится в информационной модели.

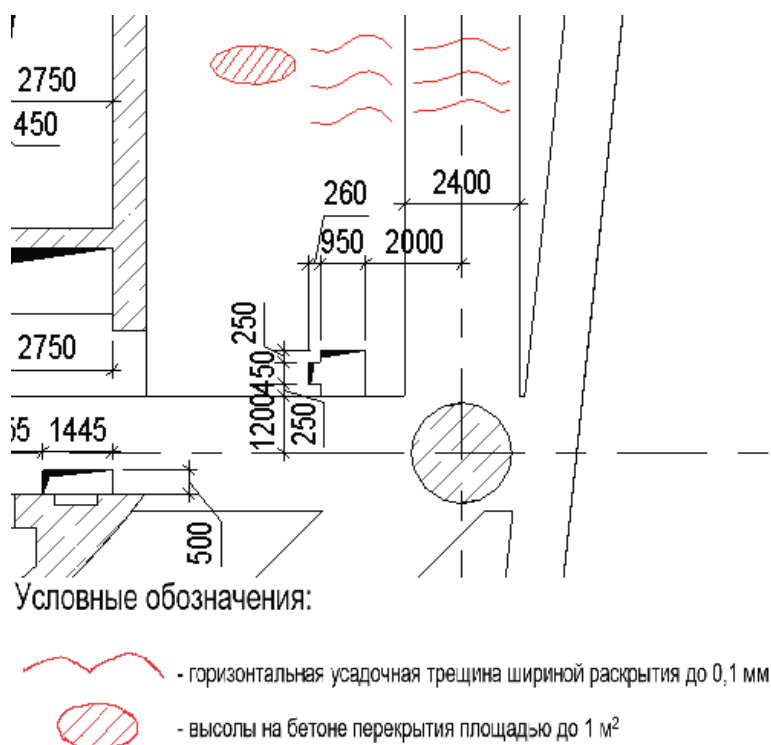


Рис. 4. Нанесение дефектов на планы этажей

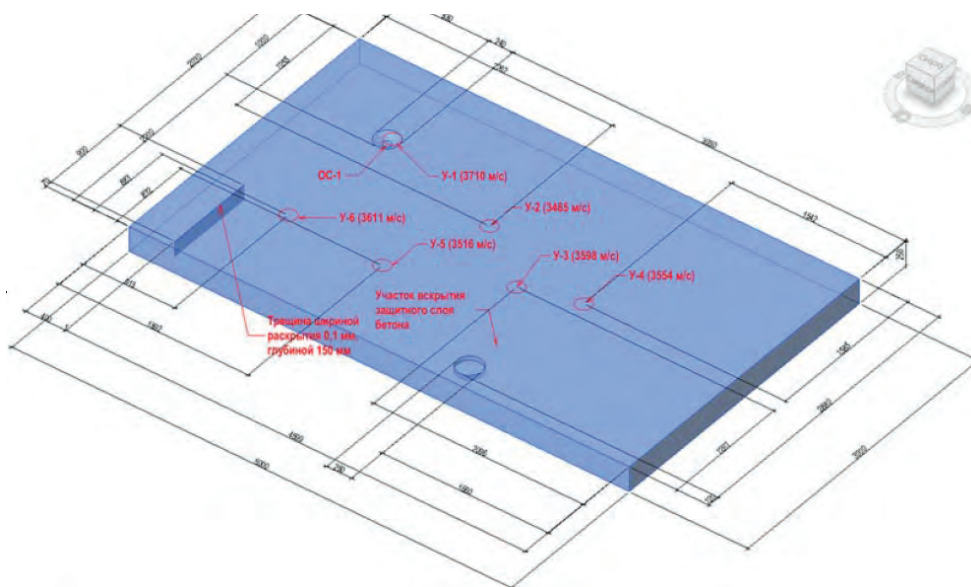


Рис. 5. Нанесение дефектов на конструкции

Поверочные расчеты при техническом обследовании уникальных зданий и сооружений

Поверочный расчет несущих конструкций здания выполнялся в соответствии с действующей нормативной документацией с учетом фактических прочностей бетона, а также выявленных в ходе обследования дефектов.

По результатам проведенных работ можно выделить следующие особенности расчета высотных зданий.

1. Инженер-расчетчик должен включаться в работу на ранней стадии обследования здания. На протяжении всего обследования он контролирует процесс получения исходных данных для последующего расчета. Рекомендуется вести сбор расчетной модели параллельно с выполнением технического обследования.

2. Значения нагрузок от технического оборудования должны назначаться на основании сравнения фактических нагрузок и нагрузок, принятых в соответствии с СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия». Случается, что нагрузки, собранные по результатам обследования, превышают значения, установленные в нормативных документах и СТУ на здание. Рекомендуется принимать максимальное из полученных значение нагрузки.

3. Расчет уникальных стальных конструкций рекомендуется выполнять, в том числе, по энергетической теории. На покрытии башни «Эволюция» установлена стальная пространственная конструкция – корона (рис. 6).



Рис. 6. Конструкции «короны» башни: сверху — фасад (из рабочей документации), снизу — расчетная модель

Конструкция выполнена из сборных стальных секций различных сечений по длине (рис. 7). Усилия в элементах получены при конечно-элементном расчете в ПК «Лира» САПР. При проектировании конструкции проектировщиком использовался расчетный комплекс «Robot structural».

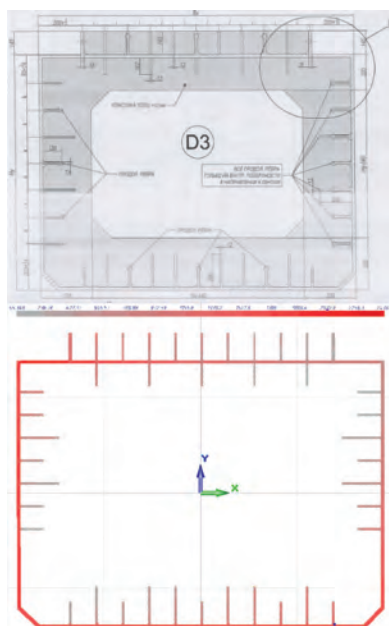


Рис. 7. Пример поперечного сечения элемента короны: сверху — сечение из рабочей документации, снизу — расчетное сечение

4. При расчете уникальных зданий необходимо учитывать ветровые, снеговые и гололедные нагрузки в соответствии с отдельно выполненными исследованиями. Для башни «Эволюция» специалистами МГСУ были выполнены испытания макета комплекса Москва-Сити в аэродинамической трубе. По результатам работ даны наиболее опасные углы атаки и значения нагрузок в отдельных точках здания.

5. Учет фактических жесткостей для высотных зданий, где нелинейный расчет является чрезмерно сложной задачей, допустимо вести вручную, вычисляя жесткости в соответствии с п.п. 8.2.25 – 8.2.30 СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Для этого выделяются отдельные плиты перекрытий по высоте здания и проводится их итерационный расчет. Сами плиты перекрытий разбиваются на зоны для унификации жесткостей (рис. 8), включающие приопорные либо пролетные участки различной жесткости. Учет нелинейности упрощенно выполняется введением понижающих коэффициентов к модулям упругости конструкций. Жесткость вычисляется по деформационной модели, либо по диаграмме «момент-кривизна», согласно СП 63.13330. Ранее в работах сотрудников НИИЖБ им. А.А. Гвоздева подобный метод был описан для толстых плит [6], применяемых для большинства высотных зданий.

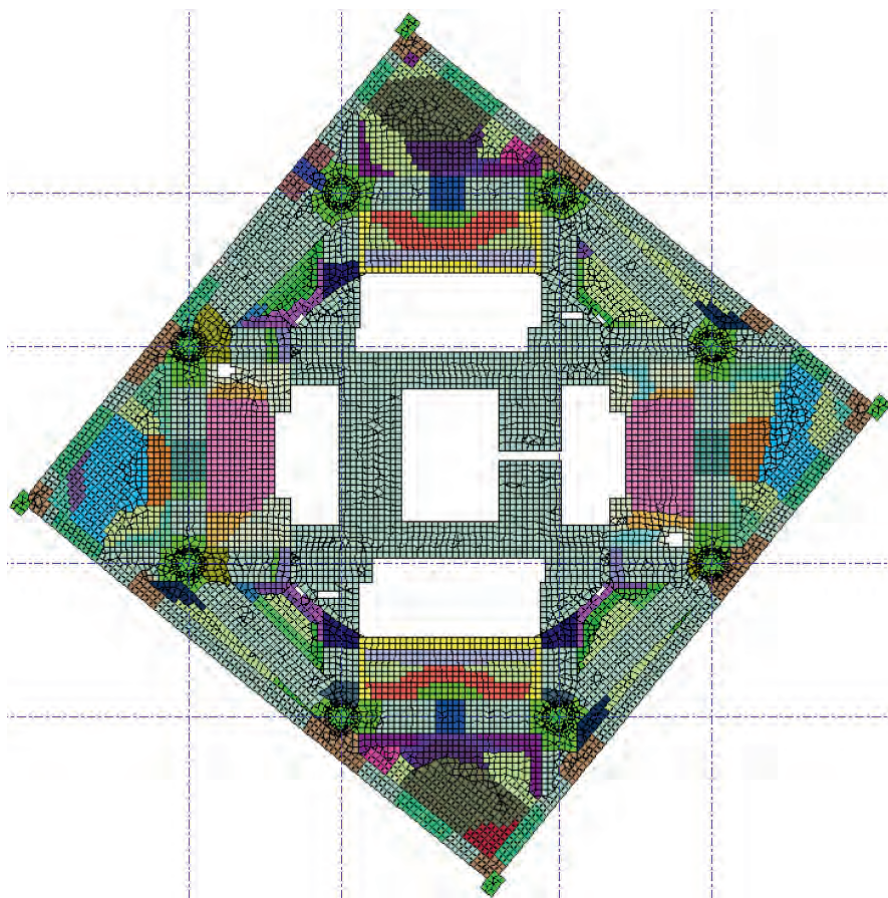


Рис. 8. Мозаика жесткостей типового этажа на последней итерации

Заключение

В статье приведены особенности построения информационной и расчетной моделей в результате технического обследования уникальных высотных зданий на примере башни «Эволюция». Спецификой является сложная организация процесса выполнения работ. Необходимо своевременно включать в процесс обследования специалистов и тщательно структурировать полученные в процессе обследования материалы. Информационное моделирование позволяет выполнить эту структуризацию на основе цифровой или сводной информационной модели, если это целесообразно заказчику, для чего необходимо понимать, кто и как будет работать с данными в будущем.

Библиографический список

1. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
2. *Беляев А.В., Антипов С.С.* Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. — 2019. — № 1. — С. 65-72.
3. *Кузеванов Д.В., Беляев А.В.* Информационное моделирование железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. — 2017. — №1 . — С. 58-63.
4. *Eastman C., Sacks R.* BIM Handbook. A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2nd ed. TH437.B53, 2011. P. 650.
5. СП 333.132.5800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла
6. *Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Кудинов О.В.* Расчеты толстых фундаментных плит из монолитного железобетона по прочности и трещиностойкости // Вестник НИЦ «Строительство». — 2018. — № 4. — С. 58-66.

Авторы:

Алексей Вячеславович БЕЛЯЕВ, заведующий проектно-конструкторским центром НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
Aleksey BELYAEV, Head of Design Center of NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: 89150323232@mail.ru
тел.: +7 (915) 032-32-32

Сергей Сергеевич АНТИПОВ, ведущий инженер проектно-конструкторского центра НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
Sergey ANTIPOV, senior engineer of Design Center of NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: a89104584408@gmail.com
тел.: +7 (910) 458-44-08