



Рисунок 3 – Цюрих. Вертикальный парк MFO [6]

Примером ревитализации транспортных объектов являются парки Promenade Plantée (в Париже, построенный на железнодорожном виадуке в 1993 году) и The High Line (в Нью Йорке, на заброшенной железнодорожной эстакаде в 2009–2011 годах). Эти объекты уже доказали свою социальную и экономическую эффективность.

Пример превращения объема промышленного здания в ландшафтный объект – Парк MFO в Цюрихе в районе Нойе-Эрликон. Этот первый в мире вертикальный парк был создан на месте бывшего завода по производству двигателей, который и дал ему название. Кроме четырехуровневого зеленого пространства для отдыха этот парк предоставляет также возможность проведения концертов и кинопоказов под открытым небом на большом экране. Нестандартные функции увеличивают его вклад в разнообразие среды и культурную жизнь района (рис. 3). Создание парка существенно повыси-

ло привлекательность прилегающих районов массового арендного жилья для квартиросъемщиков.

Заключение. На основании изложенного материала можно сделать вывод, что в мировой практике существует широкий спектр подходов к реконструкции жилой среды и улучшения её качества. Каждый из методов имеет свою специфику и условия эффективности. По итогам анализа использования территории, состояния застройки и имеющихся в районе социальных проблем, в каждом конкретном случае можно выбрать наиболее предпочтительную стратегию корректировки градостроительной ситуации.

Необходимыми условиями для выбора и детализации этой стратегии являются системность и комплексность подхода к реконструкции. При локальном подходе в результате реконструкции общая ситуация в районе может ухудшаться. Последствиями недостаточно широкого рассмотрения может стать рост социальной напряженности, ухудшение экологических условий, снижение транспортной и пешеходной безопасности, обострение транспортной ситуации.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Elliott, M. Framing a Modern Mess [Электронный ресурс] / Melissa Elliott. – Режим доступа: <https://cityarchpruittigoe.wordpress.com>. – Дата доступа: 25.12.2016.
2. Глазычев, В. Л. Урбанистика: в 3-х ч. : монография / В. Л. Глазычев. – М.: Европа, 2008. – Ч. 2 – 218 с. – ил.
3. Лефевр, А. Идеи для концепции нового урбанизма [Электронный ресурс] / Анри Лефевр; перевод с французского С. А. Эфирова. // Социологическое обозрение. – 2002. – Том 2. – № 3. – Режим доступа: https://sociologica.hse.ru/data/2011/03/04/1211598040/soc_oboz_2_3.pdf. – Дата доступа: 25.12.2016.
4. Stefan Forster Architekten | House 07 Leinefelde [Электронный ресурс] / Stefan Forster Architekten. – Режим доступа: <http://www.sfa.de/projects/haus-07-en>. – Дата доступа: 25.12.2016.
5. Сысоева, В. А. Градостроительные средства реализации рациональных показателей плотности жилых территорий Минска [Электронный ресурс] / В. А. Сысоева // Архитектура : сборник научных трудов. – 2015. – Вып. 8. – С. 62–68. – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/14664>. – Дата доступа: 24.12.2016.
6. Zuerich_Neu_Oerlikon_MFO-Park.jpg [Электронный ресурс] / Wikimedia Commons. – Режим доступа : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zuerich_Neu_Oerlikon_MFO-Park.jpg. – Дата доступа: 24.12.2016.

Материал поступил в редакцию 13.01.2017

LYASHUK D.A. Generalization of international experience and classification of methods of reconstruction of the mass microregional housing estate

This issue is devoted to different methods of modernization and transformation of microdistricts and few other types of residential city units. The revitalization of a social environment is one of the main factors in complex and system models of the renovation. Without a complex regional project the city unit modernization can increase problems except of solving them. So, it is important to find the right strategy every time when start renovation of a new piece of a residential territory.

УДК 624.074:624.046.2

Барабаш М.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Введение. Несущие конструкции зданий и сооружений возводятся и эксплуатируются в непрерывно меняющихся условиях. Целью доклада является рассмотрение проблемы конструкционной безопасности зданий и сооружений на основе создания комплекса научно-обоснованных методов численного моделирования напряженно-деформированного состояния конструкций с учетом стадий их

жизненного цикла и развития методов расчета конструкций с учетом нелинейного деформирования. Проблема особенно актуальна при проектировании и расчете высотных и уникальных зданий.

Численное моделирование временных процессов (процессы нагружения и возведения, реологические процессы, приспособляемость конструкций) позволяют определить напряженно-деформированное состо-

Барабаш Мария Сергеевна, академик Академии строительства Украины, доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий строительства Национального авиационного университета, директор ООО «ЛИРА САПР».

Украина, 03058, г. Киев, Кияновский переулок, 7А, e-mail: bmari@ukr.net, bmari@liraland.com.ua.

яние (НДС) конструкций близкое к реальному/фактическому и на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта.

При компьютерном моделировании высотных зданий разного уровня сложности есть возможность учитывать следующие аспекты [1–3]:

- пространственная работа здания (совместная работа всех несущих конструкций);
- учет работы системы «здание – фундамент – основание»;
- учет процесса возведения;
- приспособляемость конструкции для восприятия запроектных воздействий (прогрессирующее разрушение).

Одним из основных направлений проектирования конструкций зданий и сооружений, соответствующих современным требованиям повышения уровня надежности, безопасности, живучести при снижении материалоемкости, является численное моделирование. Причем, важное значение принимает именно численное моделирование процессов жизненного цикла, связанных с изменением напряженно-деформированного состояния (НДС) на всех стадиях существования строительного объекта.

Необходимость полноценного численного анализа зданий и сооружений диктуется: усложнением конструктивных решений и условий эксплуатации (многомерность, комплексность и многофункциональность зданий и сооружений, их внушительные габариты, исключительная сложность мониторинга по текущему техническому состоянию, невозможность их ремонта без полного исключения нагрузок, склонность к изменению объемно-планировочных решений и режимов нагрузки в ходе эксплуатации); уникальностью (грунтовые, климатические и другие внешние условия, неповторимая сложность и продолжительность возведения и эксплуатации, повышенная роль «человеческого фактора» на всех стадиях жизненного цикла); а также неполнотой и неопределенностью исходных данных (по геометрии, жесткости, предельным и начальным условиям, нагрузкам и воздействиям).

Между тем, все перечисленные факторы не в полной мере учитываются в существующих нормативных документах и в практике проектирования и строительства, что приводит либо к недостаточной надежности конструкций, либо к излишнему расходу материалов.

Учет изменения напряженно-деформированного состояния конструкций (НДС) на всех стадиях жизненного цикла. Существующие подходы при проектировании и мониторинге существующих зданий, как правило, ориентированы на определенную стадию жизненного цикла и не учитывают истории, связывающей все стадии жизненного цикла. Таким образом, создание технологии моделирования, отслеживающей изменение НДС конструкций на всех стадиях жизненного цикла, и учитывающей на каждой последующей стадии состояние конструкции на предыдущей стадии является актуальной задачей.

Целью исследований является решение проблемы конструктивной безопасности зданий и сооружений на основе создания комплекса научно-обоснованных методов численного моделирования напряженно-деформированного состояния конструкций с учетом стадий их жизненного цикла и развития методов расчета конструкций с учетом нелинейного деформирования. Численное моделирование процессов жизненного цикла позволяет поставить и решить задачи, которые невозможно решить физическим экспериментом.

Внедрение в практику проектирования конструкций учета процессов изменения НДС на всех этапах жизненного цикла дает возможность уже на стадии проектирования выполнить достоверную оценку НДС, и провести многовариантные численные эксперименты.

На рисунке 1 приведена схема жизненного цикла строительного объекта.

На этой схеме отдельно выделена стадия анализа напряженно-деформированного состояния конструкции (область наших интересов, как разработчиков программного обеспечения (ПО) для расчета). Однако, стоит отметить, что оценка НДС сооружения и расчет несущих конструкций производится и на других стадиях (или с учетом других стадий). Причем, основные стадии жизненного цикла строительного объекта, такие как проектирование, возведение, эксплуатация и утилизация, подразделяются, в свою очередь, на этапы, на каждом из которых могут происходить проектные изменения, приводящие к изменению НДС.

1 – на стадии «Эскизный проект» выполняется проверка и сравнение архитектурных и конструктивных решений – выбор рационального варианта;

2 – на стадии «Проект» выполняется многократный учет вносимых в проект изменений (например – перенос несущих элементов, прорезание отверстий и т. п.);

3 – на стадии «Создание рабочей документации», выполняется подбор и проверка площади арматуры и стальных сечений в соответствии с действующими нормами;

4, 5, 6 – стадии изготовления, транспортировки и монтажа, на которых выполняется проверка несущей способности конструктивных элементов и конструктивной системы в целом;

7 – стадия эксплуатации является наиболее длительной стадией жизненного цикла строительного объекта. На этой стадии могут возникать различные ситуации, в том числе и не предусмотренные проектом, например изменение функционального назначения помещений, локальные перепланировки, аварийные ситуации, старение материалов и т. п.;

8 – реконструкция объекта, как начало его второй жизни, переносит нас в начало цикла, но уже с необходимостью оценки остаточного ресурса несущей способности и накопленных напряжений и перемещений;

9 – утилизация. Важная стадия, поскольку при принятии решения о невозможности дальнейшей эксплуатации строительного объекта и невозможности его реконструкции или реновации, необходимо выполнить утилизацию с исключением повреждения близлежащих объектов. Для этого, безусловно, необходимо оценить остаточную несущую способность конструкций и принять решение по технологии демонтажа конструкций.

Таким образом, анализ работы несущих конструкций охватывает всё время существования строительного объекта.

Подход к определению НДС на каждой стадии может быть разным, например:

- на стадии эскиза выполняются расчеты по упрощенным моделям для быстрого получения общего представления о работе конструкций (основные: осадки, усиления, частотные характеристики);
- на стадии детального анализа, проектирования с целью выдачи проектной документации выполняется учет всех возможных воздействий и факторов, влияющих на НДС конструкции на всех стадиях жизненного цикла, т. е. учет процесса возведения, учет возможных ситуаций на стадии эксплуатации, учет недопущения прогрессирующего разрушения и т. п.

Предлагаются разработанные численные методы, позволяющие осуществлять моделирование процесса всего жизненного цикла зданий и сооружений, включая стадии возведения, реологические процессы на стадии эксплуатации, процесс приспособляемости конструктивной системы к изменяющимся нагрузкам в случае форс-мажорных ситуаций.

Структурно-логическая схема жизненного цикла строительного объекта с точки зрения анализа НДС несущей системы представлена на рисунке 2.

Расчёт здания в рамках проектирования представляет собой многоуровневый процесс принятия решений, его обычно проводят по следующей схеме [2, 4]:

- анализ конструктивной схемы здания с целью выявления взаимосвязи элементов конструкции и выбора расчётных моделей, наиболее адекватно отображающих работу здания в известном интервале вариации нагрузок;
- выбор упрощенной расчетной схемы и расчёты в соответствии с этой расчётной схемой с целью предварительного определения напряженно-деформированного состояния конструктивной системы в целом;
- уточнение принятой на предыдущем этапе расчётной модели надземной части здания, а также фундамента, определение упрощенных расчетных моделей грунтового основания;
- расчёт здания по уточненной расчетной модели на статические нагрузки, а также ветровые воздействия с учётом пульсации ветра. В расчёте учитывается влияние податливости основания на собственные частоты колебаний здания, последние влияют на результаты расчётов на ветровые нагрузки с учётом пульсаций;

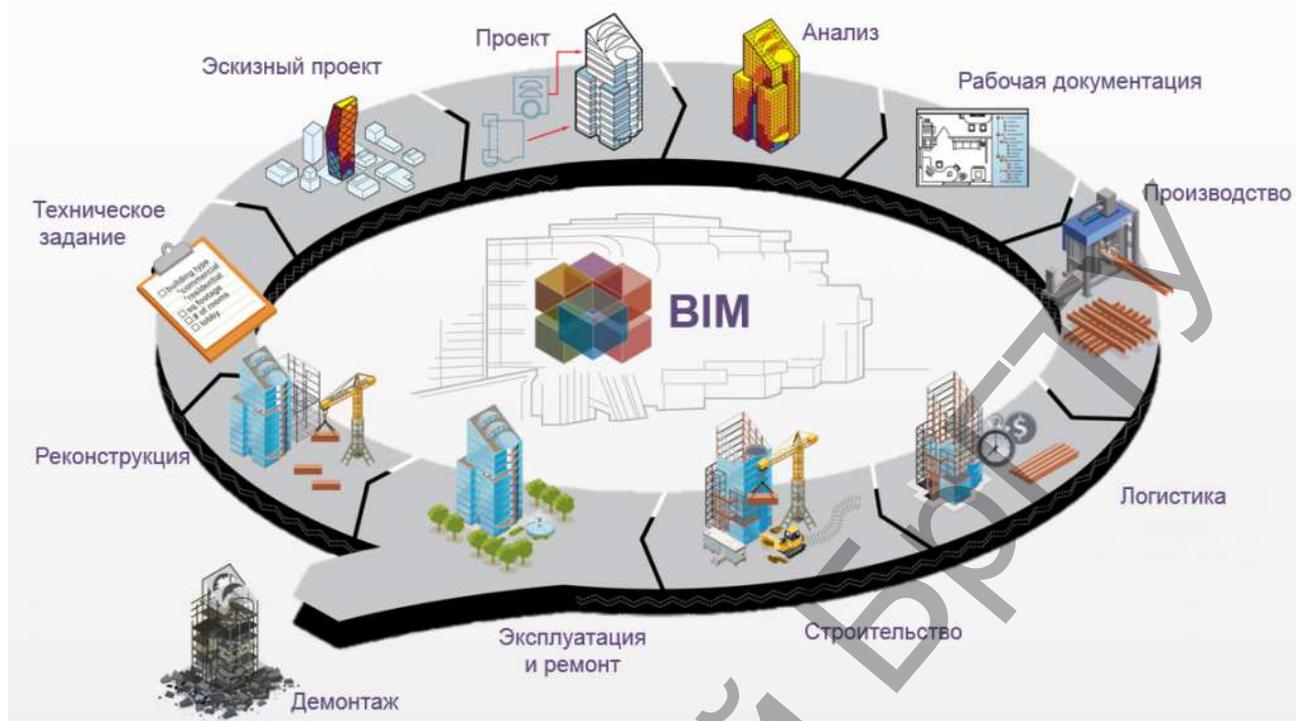


Рисунок 1 – Схема жизненного цикла строительного объекта

- окончательная корректировка по результатам расчётов геометрических и прочностных характеристик элементов здания (колонн, балок, диафрагм жёсткости, ядер жёсткости, фундамента);
- определение осадок и крена фундамента с учетом физической нелинейности, неоднородности и реологических свойств грунтов основания. Это наиболее ответственная часть оценки принятых на предыдущих этапах конструктивных решений. Говоря о крене здания, следует отметить, что предельные горизонтальные перемещения верхней части здания (с учётом крена фундамента) при расчёте по недеформированной схеме в зависимости от высоты здания h не должны превышать следующих величин [2, 3]: при высотах здания до $h = 150$ м – $1/500$; при высотах до $h = 400$ м – $1/1000$;
- расчет устойчивости здания на опрокидывание и сдвиг. При расчете устойчивости здания на опрокидывание и сдвиг его конструктивную схему можно рассматривать как жесткое недеформируемое тело, опирающееся на грунтовое основание.

Стадией, формирующей НДС, является стадия возведения. Конструктивная схема строительного объекта изменяется в зависимости от последовательности возведения, что обуславливает изменение конструктивной и расчетной схемы здания, и его НДС во времени. В процессе возведения конструктивная схема сооружения может многократно изменяться, усилия и перемещения «замораживаться», определяя сечения элементов и конструкции узлов именно на этой стадии.

При возведении монолитных железобетонных конструкций важным эффектом, который необходимо учитывать при численном моделировании, являются нелинейные свойства бетона, т. е. изменение жесткостных характеристик в процессе нагружения (ползучесть, трещины) [2, 3, 4].

Кроме того, в процессе монтажа переход к новой стадии часто осуществляется, когда возведенная на предыдущих стадиях конструкция еще не набрала проектной 28-дневной прочности. Это также обуславливает необходимость учета нелинейных эффектов, так как от стадии к стадии меняется жесткость возводимых элементов, в соответствии со временем их возведения. Численное моделирование процесса возведения представляется нелинейной задачей, даже если не учитывать эффекты, связанные с нелинейными свойствами бетона. В процессе возведения проявляется генетическая нелинейность, обусловленная изменением конструктивной схемы. Такая нелинейность вызвана тем, что НДС мгновенно возведенной кон-

струкции не эквивалентно НДС конструкции, полученной на основе учета всей истории возведения (изменение расчетной схемы, возникновение и снятие монтажных опор и т. д.).

Кроме того, в процессе монтажа переход к новой стадии часто осуществляется, когда возведенная на предыдущих стадиях конструкция еще не набрала проектной 28-дневной прочности. Это также обуславливает необходимость учета нелинейных эффектов, так как от стадии к стадии меняется жесткость возводимых элементов, в соответствии со временем их возведения. Численное моделирование процесса возведения представляется нелинейной задачей, даже если не учитывать эффекты, связанные с нелинейными свойствами бетона. В процессе возведения проявляется генетическая нелинейность, обусловленная изменением конструктивной схемы. Такая нелинейность вызвана тем, что НДС мгновенно возведенной конструкции не эквивалентно НДС конструкции, полученной на основе учета всей истории возведения (изменение расчетной схемы, возникновение и снятие монтажных опор и т. д.).

Предлагается следующий алгоритм учета стадий последовательного возведения. Разбивается сооружение на n стадий (этажей), согласно используемой технологии возведения. Первоначально считается возведенным первая стадия (этаж), производится расчет его напряженно-деформированного состояния в линейно-упругой постановке с начальным модулем E_0 . Далее предполагаем возведенными две стадии. Снова рассчитываем напряженно-деформированное состояние, но теперь учитываем нагрузки, возникшие во второй стадии. При этом, формируя матрицу жесткости второй стадии, воспользуемся значениями касательных модулей упругости, полученными из расчета методом последовательных нагружений для предыдущего этапа возведения сооружений E_s и ν_c , а для первой стадии (ранее возведенной) – значениями E_0 и ν_0 . При этом, в возведенной стадии вычисляются касательные модули упругости и коэффициенты Пуассона. Аналогично поступаем, когда считаем возведенными 3, 4, ..., n стадии, до тех пор, пока расчет не будет охватывать всего сооружения. Компоненты напряжений и перемещений, полученные от воздействия нагрузок на каждой стадии, суммируются.

Описанные методики реализованы в программном комплексе ЛИРА-САПР.

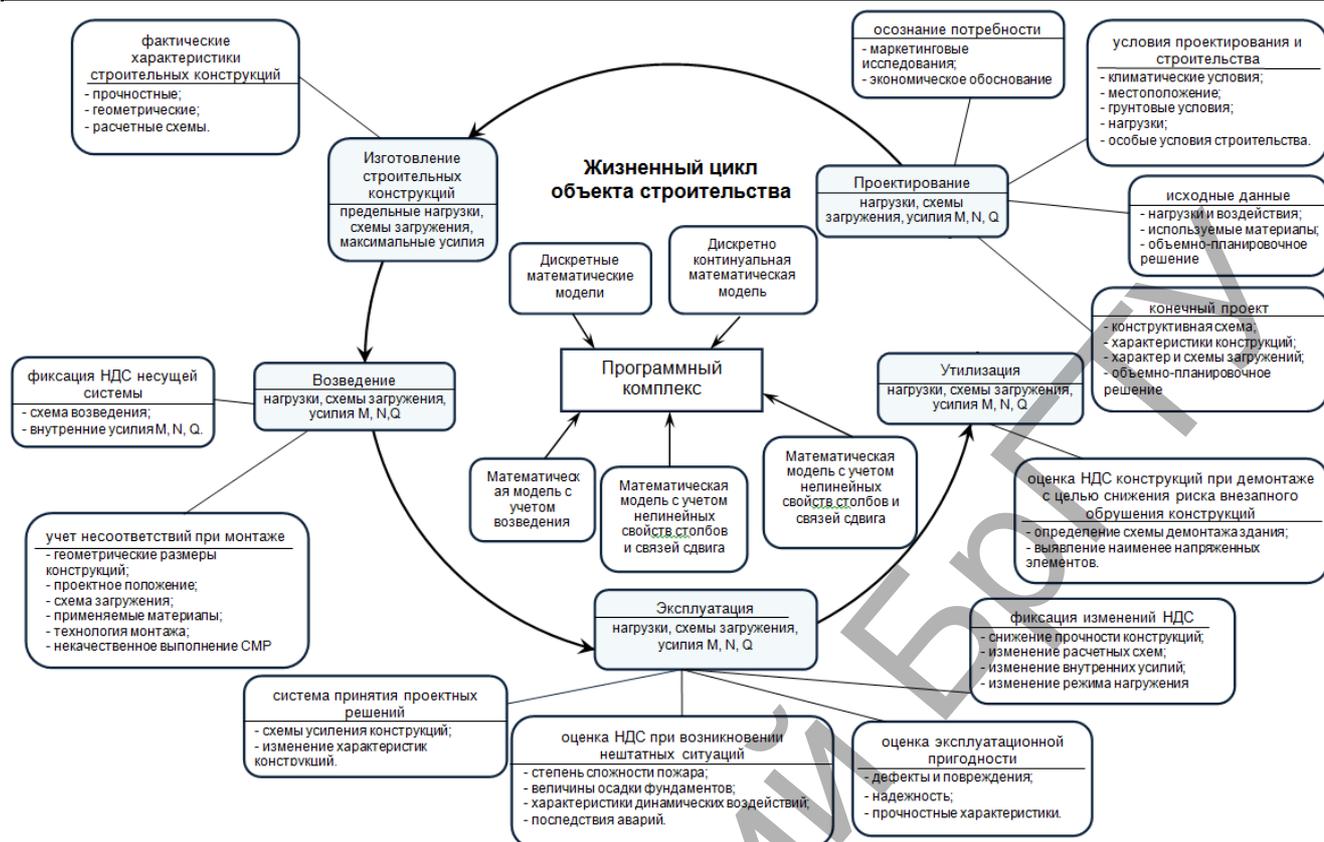


Рисунок 2 – Структурно-логическая схема жизненного цикла строительного объекта с точки зрения оценки несущей способности сооружения и её отдельных элементов

К процессам жизненного цикла, происходящим в эксплуатационной стадии, прежде всего относятся реологические процессы изменения НДС конструкции при длительной нагрузке, связанные с ползучестью и изменением свойств бетона во времени.

Технология расчета конструкций с учетом ползучести бетона выглядит следующим образом:

- выполняется расчет в линейной постановке на все виды нагрузений (статические, силовые, статические деформационные, динамические);
- определяются расчетные сочетания усилий или расчетные сочетания нагрузений;
- выполняется подбор арматуры в сечениях стержневых или пластинчатых элементов;
- производится унификация армирования элементов;
- по результатам армирования формируются новые жесткостные характеристики конструктивных элементов для последующего нелинейного расчета;
- задаются параметры ползучести бетона, учитывающие влажность и усадку бетона;
- назначается нагружение, на которое будет производиться расчет с учетом ползучести бетона;
- выполняется расчет для заданных промежутков времени. На каждом этапе расчета для каждого элемента определяется новая жесткость, которая зависит от напряжения бетона в этом элементе и заданных параметров ползучести. Новые переменные жесткости получаются в точках интегрирования как по сечению, так и по конечному элементу, в соответствии с заданной диаграммой деформирования. На каждом этапе определяются усилия, перемещения и новые жесткости по касательному модулю деформации для заданного промежутка времени.

Моделирование процесса старения бетона, по сути, является нелинейной задачей, обусловленной учетом свойств материала (физическая нелинейность). Решение этой задачи в ПК ЛИРА САПР основана на основных методах теории прочности бетона, которые в

физическом смысле представляют собой реализацию законов нелинейного деформирования материалов по различным теориям.

В физически нелинейных задачах отсутствует линейная зависимость между напряжениями и деформациями [1, 5, 6]. Материал конструкции подчиняется нелинейному закону деформирования (нелинейная упругость). Моделирование физической нелинейности (нелинейной упругости) материалов конструкций производится с помощью физически нелинейных конечных элементов, воспринимающих информацию из развитой библиотеки законов деформирования материалов (зависимостей $\sigma-\epsilon$). Библиотека законов деформирования позволяет учитывать практически любые нелинейные свойства материала. Существует несколько методов для решения нелинейных задач различных типов: шаговый метод, метод секущих, итерационный метод.

Приведена классификация процессов (таблица 1), влияющих на формирование (изменение) НДС конструкций зданий и сооружений на протяжении его жизненного цикла и обосновывается применение методов теории упругости, позволяющих их учесть на основополагающей стадии – стадии проектирования.

Важной особенностью реальных материалов является нелинейный характер зависимости между напряжением и деформацией. Таким образом, действительное поведение материала под нагрузкой существенно отличается от схематизированных представлений закона Гука. И хотя во многих случаях такая схематизация дает приемлемые для практики расчетные результаты, имеется целый ряд примеров, когда игнорирование указанной особенности в расчетах приводило к существенным расхождениям с натурой. Учет особенностей деформирования материалов конструкций позволяет приблизить теоретические прогнозы к реальному их поведению.

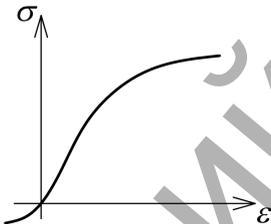
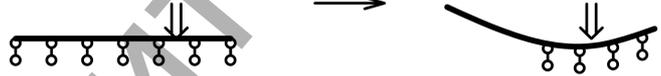
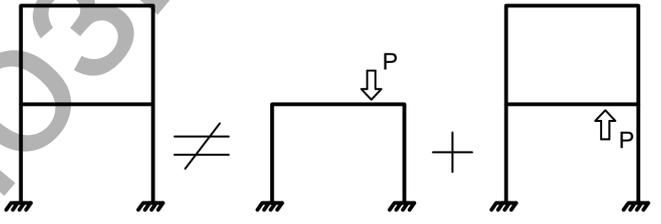
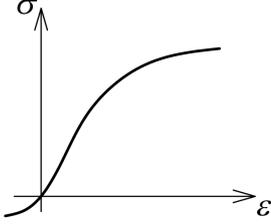
Рассмотрим виды нелинейности в теории расчета конструкций и проведем классификацию методов, применяемых для учета различных видов нелинейностей.

При расчете конструкций различают физическую, геометрическую и конструктивную нелинейности.

Таблица 1

Процессы жизненного цикла	Описание	Тип нелинейности
Процесс нагружения	Для железобетонных конструкций имеется возможность проследить начальные стадии линейно-упругой работы конструкции, стадии последовательного развития трещин в бетоне и растянутой арматуре, стадии, непосредственно предшествующие разрушению	Физическая, геометрическая, конструктивная
Процесс возведения	НДС определяется для всех последовательно сменяющихся конструктивных схем, соответствующих этапам возведения и модель сводной конструкции «хранит память» об истории возведения	Генетическая, физическая, конструктивная
Процессы эксплуатационной стадии	Моделирование реологических процессов изменения НДС конструкции при длительной нагрузке, связанных с ползучестью и изменением свойств во времени	Физическая, геометрическая
Процессы запроектных воздействий	Моделирование процессов «приспособляемости» конструкции при «форс-мажорных» аварийных ситуациях, когда при внезапном выходе из строя одного или нескольких элементов конструкция пытается приспособиться к новой ситуации, изменив (иногда за счет потери эксплуатационных качеств) свою первоначальную конструктивную схему, не допустив обрушения всего сооружения	Физическая, геометрическая
Процессы динамических воздействий	Моделирование во времени динамического воздействия (на основе метода прямого интегрирования) дает возможность проследить включение и выключение односторонних связей, открытия и закрытия трещин, и многие другие эффекты	Нелинейная динамика

Таблица 2

Тип нелинейности	Графическая интерпретация	Методы решения
Физическая нелинейность		метод последовательных нагружений; метод переменных жесткостей; метод последовательных жесткостей
Геометрическая нелинейность		метод последовательных нагружений
Конструктивная нелинейность		метод компенсирующих нагрузок
Генетическая нелинейность		метод последовательных нагружений по измененным расчетным схемам
Инженерная нелинейность		метод переменных жесткостей

Физическая нелинейность обусловлена учетом в расчете нелинейной зависимости между компонентами обобщенных напряжений и деформаций $\sigma_i = f(\epsilon_i)$ (см. табл. 2) и характеризует работу материала конструкции в упругопластической области.

Геометрическая нелинейность имеет место, когда перемещения конструкции вызывают значительное изменение ее геометрии, так что уравнения равновесия приходится составлять с учетом изменения формы и размеров конструкции, т. е. по деформированной схеме.

Конструктивная нелинейность возникает вследствие конструктивных особенностей системы, вызывающих изменение расчетной схемы в процессе ее деформирования (изменяются условия закрепления: выпадают или образуются новые связи, выключаются из ран боты или включаются в нее те или иные элементы конструкции и т. д.).

Заключение. Для современных сложных сооружений (мосты, большепролетные покрытия, высотные здания и др.), как правило, конструктивная схема обуславливается не только упругим расчетом, но и процессами изменения напряженно-деформированного состояния во времени. В процессе жизненного цикла конструктивная схема сооружения многократно изменяется, усилия и перемещения перераспределяются, значительно повышая вероятность трещинообразования и возникновения аварийной ситуации.

Реализация математической модели на компьютере дает возможность многократно и в широком диапазоне изменять входные параметры и условия функционирования сложных систем, заменяя, таким образом, экспериментальные исследования численным экспериментом. Кроме того, при решении ряда сложных конструкторских задач необходимо применение вариантного проектирования.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Городецкий, А.С. Компьютерное моделирование в задачах строительной механики: учебное пособие / А.С. Городецкий, М.С. Барабаш, В.Н. Сидоров – Москва: Издательство АСВ, 2016. – 338 с.
2. Барабаш, М.С. Численное моделирование процессов жизненного цикла зданий и сооружений / М.С. Барабаш // Наука та будівництво. – 2015. – №4 – С. 24-28
3. Городецкий, А.С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – [2-е изд., доп.]. – Киев : ФАКТ, 2007. – 394 с.
4. Барабаш, М.С. Методы компьютерного моделирования процессов возведения высотных зданий / М.С. Барабаш // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – Москва: Изд-во «АСВ», 2012. – Vol. 8, Issue 3 – С. 58–68.
5. Барабаш, М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: монография / М.С. Барабаш – Киев : Изд-во «Сталь», 2014. – 301 с.
6. Барабаш, М.С. Численное моделирование НДС конструкций с учетом стадий жизненного цикла зданий и сооружений / М.С. Барабаш // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – Москва: Изд-во «АСВ», 2015. – Vol. 11, Issue 1 – С. 80–90.
7. Бате, К. Численные методы анализа и метод конечных элементов; [пер. с англ.] / К. Бате, Э. Вилсон. – Москва: Стройиздат, 1982. – 448 с.

Материал поступил в редакцию 28.03.2017

BARABASH M.S. Life cycle simulation for the structures of high-rise and unique buildings

The paper focuses on methods for simulation of buildings and structures with account of their actual behaviour at all stages of life cycle. Application of nonlinear strain methods for evaluation of bearing capacity of structures is also considered. With numerical simulation of life cycle it is possible to define and solve problems that cannot be solved by physical experiment. Changes in stress-strain-state of buildings and structures during their life cycle are considered in simulation procedure. Methods for account of different types of nonlinearity are applied.

УДК 620.9:728.1

Ондра Т.В.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ «МУЛЬТИКОМФОРТНЫХ» ЖИЛЫХ ДОМОВ

Введение. Проблемы энергоэффективности и энергосбережения очень тесно связаны с экологическими вопросами, и они прочно вошли в актуальную повестку дня мирового сообщества. Энергоэффективность и энергосбережение входят в число пяти стратегических направлений приоритетного технологического развития стран.

Развитие экономики страны всегда сопровождается ростом потребления энергоресурсов. Перед Республикой Беларусь поставлены серьезные задачи в области энергоэффективности. В условиях массового строительства жилья в Республике Беларусь обострилась необходимость оценки эксплуатационных качеств готового жилья. Возникла проблема выявления новых подходов к жилой застройке и создания для граждан жилых домов новых поколений, с более комфортными условиями проживания в системе «окружающая среда ↔ инфраструктура ↔ жилой дом ↔ техника ↔ человек»

Возводимое жилье должно отвечать двум ключевым требованиям: быть экономным и проектироваться с учетом высоких требований к энергоэффективности и экологичности.

Активно тема энергосбережения в строительстве начала развиваться во всем мире с 70-х гг. прошлого века в рамках общей линии на экономию энергоресурсов и появившейся концепции «устойчивого развития». Энергоэффективные здания как новое направление в экспериментальном строительстве появились после мирового энергетического кризиса 1974 г.

Строительство энергоэффективных домов обходится дороже на 15–20%, зато экономия от пользования ими составляет до 70%. По-

мимо экономии финансов «умные» дома сохраняют природные ресурсы и снижают вредное воздействие на окружающую среду. Даже обычный частный дом при желании можно превратить в энергоэффективный. А вот с квартирами в многоэтажных высотках все немного сложнее. Но и тут есть пути решения.

Переход на альтернативные технологии в энергетике позволит сохранить топливные ресурсы страны для переработки в химической и других отраслях промышленности. В связи с ограниченностью топливных ресурсов на Земле, а также экспоненциальным нарастанием катастрофических изменений в атмосфере и биосфере планеты существующая традиционная энергетика представляется тупиковой; для эволюционного развития общества необходимо немедленно начать постепенный переход на альтернативные источники энергии.

В Республике Беларусь также наблюдаются прогрессивные тенденции: снижение энергопотребления, обновление законодательной базы в области энергоэффективности, проведение реконструкции эксплуатируемого фонда, поэтапное увеличение объемов строительства энергоэффективного жилья. Многоэтажные «экономные» дома с возобновляемыми источниками энергии появятся в Гродно, Минске и Могилеве в конце 2016–2017гг. Цель проектных организаций и архитектурных бюро Республики Беларусь – разработать параметры и архитектурно-планировочные решения типового жилого квартала для населенных пунктов в соответствии с принципами эффективности, комфортности и безопасности.

В задачу проектирования входит следующее: определить методику исследования, изучить зарубежный опыт и опыт Республики Бела-

Ондра Тамара Викторовна, старший преподаватель кафедры архитектурного проектирования и рисунка Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура