

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-24:2009 *Проектування висотних житлових і громадських будинків*. – К., 2009.
2. ДБН В.1.1-5:2007 *Науково-технічний супровід будівельних об'єктів*. – К., 2007.
3. ДБН-В.1.1-12:2006. *Будівництво в сейсмічних районах України*. – К., 2006.
4. ДБН-В.1.2-2:2006. *Навантаження і впливи. Норми проектування*. – К., 2006.
5. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. *Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогни і переміщення. Вимоги до проектування*. – К., 2006.
6. ДБН-В.1.2-14. *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ*. – К., 2008.

АННОТАЦІЯ

В статье приведены дополнительные требования (нормы) для проектирования высотных зданий в соответствии с новым нормативным документом. Изложена общая методика проведения проверочного расчета, в том числе и на сопротивление прогрессирующему обрушению для конкретного объекта и его результаты, а также программное обеспечение для выполнения автоматизированных расчетов и проектирования.

Ключевые слова: высотное строительство, монолитно-каркасное здание, нормативные требования, проверочный расчет, прогрессирующее обрушение, программное обеспечение, результаты расчетов.

ANNOTATION

The paper presents additional requirements to design of high-rise buildings according to new building code. General approach to check calculation, including calculation on progressive failure is considered. The paper also produces analysis results for a certain building; the analysis was carried out with the software for computer-aided analysis and design.

Key Words High-rise buildings, monolithic skeleton-type building, building code, check calculation, progressive failure, software, analysis results.

УДК 624.046

**А.С. Городецький, д.т.н., проф., НИИСП;
М.С. Барабаш, к.т.н., доцент, НАУ, Киев**

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ РАЗРУШЕНИЮ ПРИ АВАРИЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема обеспечения живучести строительных конструкций при проектировании зданий и сооружений с учетом аварийных воздействий и ситуаций. Представлены подходы по предотвращению прогрессирующего разрушения несущих конструкций сооружений. Предложена методика прочностного расчета конструкций при аварийных воздействиях, основанная на моделировании многостадийного процесса нагружения конструкций с учетом изменения конструктивной схемы и эффектов геометрической и физической нелинейности.

Ключевые слова: здания, живучесть конструкций, прогрессирующее обрушение, устойчивость, усилия.

В последние годы существенно возрос интерес к проблеме обеспечения живучести (жизнестойкости, robustness) строительных конструкций при аварийных ситуациях.

Термин «робастность» (живучесть) (robustness) означает свойство конструкции противостоять таким событиям, как пожар, взрыв, удар или результат человеческих ошибок, без возникновения повреждений, которые были бы непропорциональны причине, вызвавшей повреждения. Одной из стратегий для ограничения масштабов локального разрушения является применение расчетных и конструктивных мероприятий, обеспечивающих приемлемую живучесть конструкции (например, применение связей во всех трех направлениях для обеспечения дополнительной целостности или минимального уровня деформативности строительных элементов, подверженных удару).

Установление характеристики «живучесть конструкции» требует:

- проведения анализа уязвимости, включающего процесс выявления уязвимых мест, осущес-

твляемый при подготовке к разработке задания на проектирование с учетом принятых угроз, а также вероятные способы их осуществления;

- определения живучести системы, то есть определение времени сохранения работоспособности системы в заданных условиях воздействий, в том числе при возникновении чрезвычайной ситуации, которое должно быть обеспечено применением специальных мер, технических мероприятий и проектных решений;

- определения защищенности объекта, то есть назначение совокупности организационно-технических мероприятий, обеспечивающих его охрану.

Дополнительную сложность составляет также отсутствие единого метода или стратегии, обеспечивающих устойчивость конструкций здания и сооружения к прогрессирующему разрушению при запроектных аварийных воздействиях. Связано это и с различными определениями термина прогрессирующего разрушения, отсутствие четкого количества сценариев возникновения и развития аварийных воздействий и их последствий.

Некоторые российские регламентирующие документы трактуют прогрессирующее обрушение, как разрушение несущих конструкций здания в пределах трех и более этажей или на одном этаже площадью до 80 м², возникающее в результате разрушения отдельного несущего конструктивного элемента, вызванного особым воздействием. Европейские нормативные документы не требуют дополнительных отдельных мер и расчетов для проверки конструктивных элементов и конструктивной системы в целом на прогрессирующее разрушение. В СТБ ЕС 1990-2007 требуется проведение анализа рисков, результатом которого будет вероятностное значение возможных особых воздействий, на которые требуется рассчитать конструктивную схему здания.

Внесение в российские и украинские нормативные документы определенных положений о необходимости учета при проектировании этой проблемы вызывает у некоторых специалистов возражения, которые сводятся к тому, что потребуются значительное увеличение материалоемкости конструкций. Проблема еще мало изучена и еще рано привлекать к ней внимание проектировщиков. Основная причина сложности данной проблемы заключается, по-видимому, в невозможности обеспечения абсолютной защиты конструкций, поскольку при стремлении вероятности разрушения конструкции к нулю ее стоимость будет возрастать до

бесконечности. Как следствие, дискуссию вызывают следующие вопросы, не имеющие общепризнанного решения:

- какие объекты следует проектировать с учетом возможного возникновения аварийных ситуаций и как определить назначенный уровень надежности для сооружения;

- какие виды и параметры неидентифицированных аварийных воздействий необходимо учитывать при проектировании объектов данного класса;

- насколько достаточны предложенные в нормативных документах меры, обеспечивающие защиту конструкций от аварийных воздействий и устойчивости против прогрессирующего обрушения;

- каким образом выполнять расчет и какие виды расчетов конструкций на прочность и устойчивость при аварийных воздействиях требуются.

При выполнении расчета конструктивной системы здания на прогрессирующее обрушение рекомендуется применять следующие расчетные методы (рис.1.):

- направленные на обеспечение сопротивления здания, конструкции или отдельного конструктивного элемента локальному разрушению при аномальном (особом) воздействии, приложенном непосредственно к нему;

- связанные с разработкой т.н. альтернативных (резервных) путей передачи усилий от нагрузки после реализации локального разрушения отдельного конструктивного элемента.

Ограничение размеров области повреждений при удалении внешней колонны или несущей стены. При удалении наружной колонны или стены требуется, чтобы площадь обрушения покрытия непосредственно над удаленным элементом была не более 80 м² и не более 15% от общей площади покрытия. Перекрытие, располагаемое ниже поврежденного элемента, не должно разрушаться. Любое разрушение не должно распространяться за пределы конструкций, играющих второстепенную роль по отношению к удаленному элементу.

Ограничение размеров области повреждений при удалении внутренней колонны или стены. При удалении внутренней колонны или стены требуется, чтобы площадь обрушения перекрытия непосредственно над удаляемым элементом должна быть не более 140 м² и не более 30% от полной площади перекрытия. Разрушение перекрытия, расположенного ниже удаляемого элемента, не допускается.

В системе нормативных документов Еврокод понятия прогрессирующего обрушения не введено. В соответствии с СТБ EN 1990-2007 необходимо выполнять расчет сооружения на чрезвычайное воздействие А с составлением чрезвычайного расчетного сочетания нагрузок. Результатом данного расчета является конструктивная схема с достаточной живучестью здания при ограниченных повреждениях или разрушениях без полного обрушения. В соответствии с данным документом особые воздействия могут быть идентифицированы:

ми и неидентифицированными, следовательно, применяют две стратегии для ограничения последствий, описанные на рис. 2.

Величина особого воздействия зависит от:

- мер, направленных на предотвращение или снижение результатов особого воздействия;
- вероятности возникновения идентифицированного особого воздействия;
- последствий разрушения в результате идентифицированного особого воздействия;
- общественной оценки;

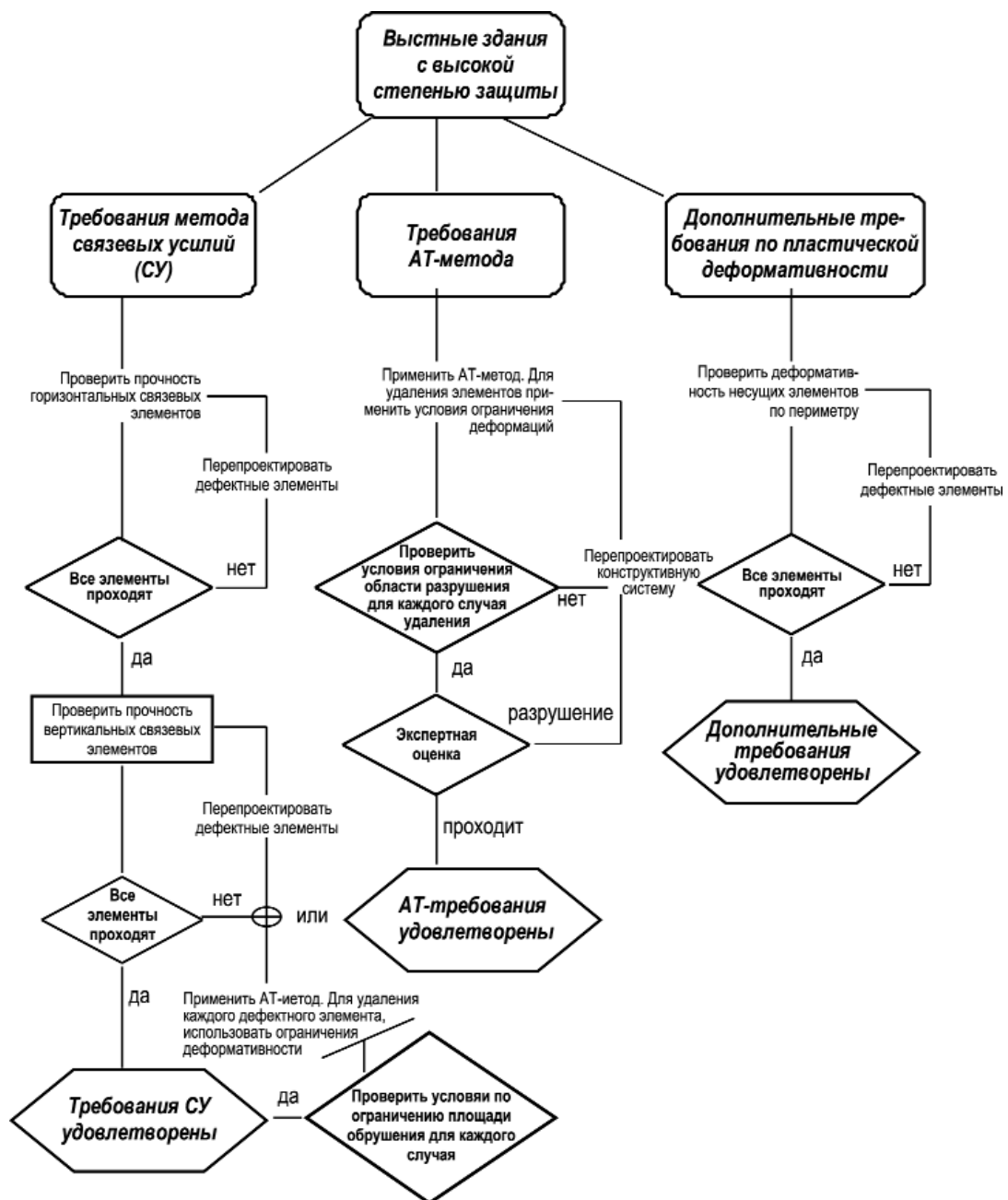


Рис. 1. Алгоритм проверки сопротивления прогрессирующему обрушению для конструктивных систем высотных зданий (высокая степень защиты)

— уровня приемлемого риска.

Установлены три стратегии: связевых усилий, метод альтернативных усилий, увеличение местной жесткости. Метод связевых усилий рассматривает здание как пространственную систему с вертикальными, периметральными, внутренними продольными и поперечными связями.

Метод альтернативных траекторий усилий определяет возможности конструктивной системы здания перераспределить усилия при изменении расчетной схемы сооружения из-за локального разрушения одного конструктивного элемента. В документе описаны расчетные сочетания усилий при выполнении различных видов расчетов: линейный статический расчет, нелинейный статический расчет, нелинейный динамический расчет; приведены правила определения грузовых площадей для расчетной схемы с удаленными элементами. При выполнении линейно-статического и нелинейно-статического расчетов применяется коэффициент динамичности, который зависит от типа расчета, от конструктивной схемы и используемого материала. Горизонтальная нагрузка, прикладываемая к зданию, определяется в долях

от вертикальной нагрузки: $0.002 \Sigma P$. Так же в зависимости от категории здания необходимо выполнить требования раздела по увеличению местной жесткости колонн, стен и конструкций перекрытий.

Предлагается выполнять расчет конструкций на устойчивость к прогрессирующему разрушению и проводить по следующей схеме. На первом этапе выполняют расчет конструкции в эксплуатационной стадии, предшествующей локальному разрушению, с учетом физической и геометрической нелинейности. Напряженно-деформированное состояние первого этапа является стартовым для второго этапа, на котором выполняют расчет схемы с выключенными из работы (удаленными) элементами. Нагрузкой на втором этапе являются усилия в удаленных элементах, увеличенные на коэффициент, учитывающий динамику процесса. Расчет также проводят с учетом физической и геометрической нелинейности.

Такой расчет, по сути, является компьютерным моделированием форс-мажорной ситуации и позволяет проследить приспособление конструкции к новой ситуации на основе изменений конструк-

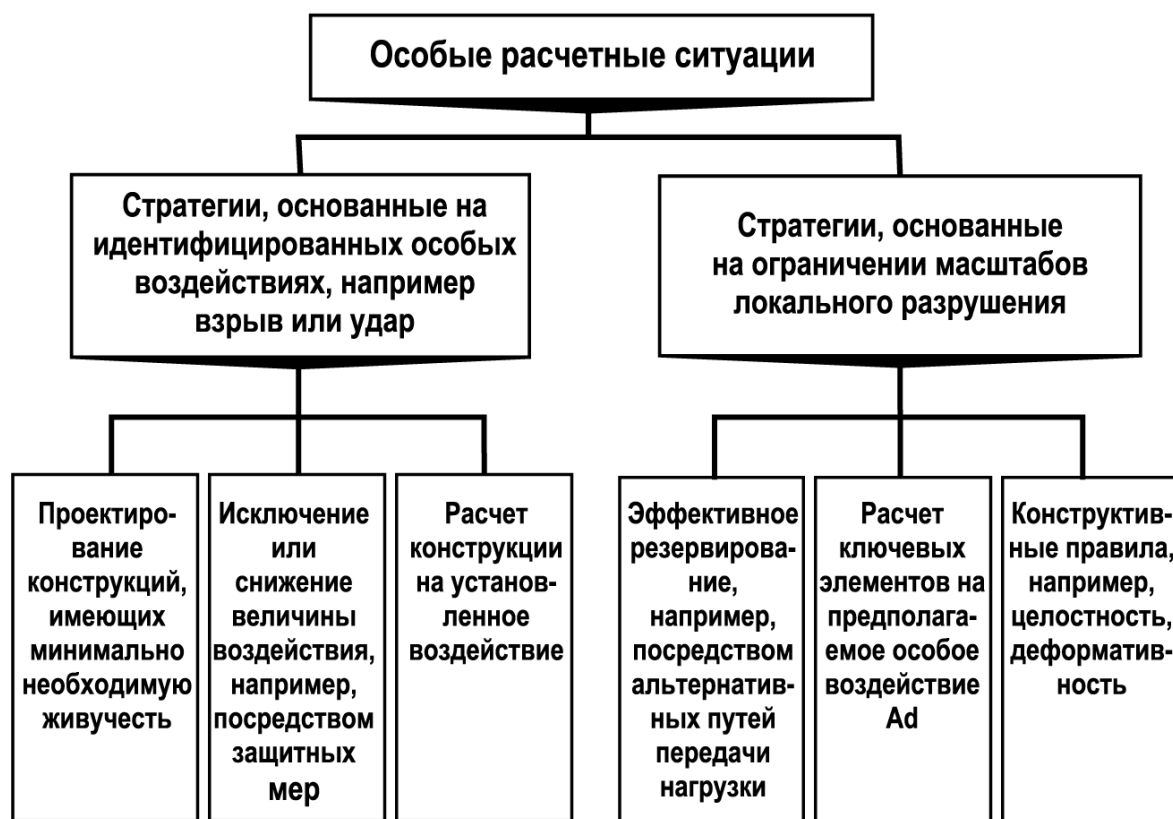


Рис. 2. Стратегии для особых расчетных ситуаций

тивной схемы. Конструктор на основе такого расчета имеет возможность наметить ряд конструктивных мероприятий, чтобы организовать работу конструкции по новым схемам.

ЛИТЕРАТУРА.

1. СТО 36554501-014-2008 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: НИЦ «Строительство», 2008.
2. Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях// Строительная механика и расчет сооружений, 2009. – №4. – С. 5-9.
3. Городецкий А.С., Барабаш М.С. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. трудов. Вып. №50. - Дн-вск., ПГАСА, 2009.

АННОТАЦИЯ

У статті розглядається проблема забезпечення живучості будівельних конструкцій при проектуванні будівель і споруд з урахуванням аварійних дій і ситуацій. Представлені підходи із запобігання прогресуючому руйнуванню несучих конструкцій споруд. Запропонована методика міцнісного розрахунку конструкцій при аварійних діях, заснована на моделюванні багатостадійного процесу навантаження конструкцій з урахуванням зміни конструктивної схеми і ефектів геометричної і фізичної нелінійності.

Ключові слова: будинки, живучість конструкції, прогресуюче обвалення, стійкість, зусилля.

ANNOTATION

The problem of providing of vitality of building constructions at planning of buildings and buildings taking into account emergency influences and situations is examined in the article. Approaches on prevention of «making» progress destruction of bearing constructions of buildings are represented. The method of calculation of constructions at emergency influences, based on the design of sequential process of loading of constructions taking into account the change of structural chart and effects of geometrical and physical non-linearity, is offered.

Keywords: building, vitality of construction, making progress bringing down, stability, efforts

УДК 624

Р. Катценбах, д-р техн.наук, Технический Университет (Дармштадт, Германия); Р.А. Дунаевский; Д.Л. Муляр; К.О. Дьяченко. «Инженерное бюро профессора Катценбаха и партнеры - Украина», Киев

СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ «СВЕРХУ ВНИЗ» («TOP-DOWN»)

АННОТАЦИЯ

В статье приведено определение нового метода строительства высотных зданий с заглубленной подземной частью, описана технология и организация работ. Приведен пример строительства высотного здания MainTower во Франкфурте-на-Майне (Германия) с применением метода «TOP-DOWN».

Ключевые слова: высотное строительство, геотехника, подземная часть, глубокие котлованы, метод строительства «Top-Down»

Основные принципы технологии «TOP-DOWN» или строительства «сверху вниз» описаны в ДБН В.2.2-24:2009. Ниже приводится краткое описание технологии и организации работ.

Особенности технологии

Технология возведения высотных зданий (далее — технология) методом «вверх-вниз» основывается на одновременном совмещении работ по устройству наземной и подземной частей высотного здания вверх и вниз.

Эта технология широко применяется при возведении высотных зданий в стесненных условиях городской застройки и при устройстве глубоких котлованов и многоуровневого подземного паркинга.

Технология предусматривает устройство свай-колонн, которые после выемки грунта из межсвайного пространства соединяются системой монолитных перекрытий между собой и со стеной ограждения котлована, начиная с верхнего перекрытия подземной части здания.

Этот способ предусматривает устройство ответий в перекрытиях на отдельных участках для работы землеройной техники и для устройства ядра жесткости. При этом периферийные сваи-колонны, которые расположены по контуру, соединяют-