

УДК 69.04:693.955:69.059.62

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СНОСА ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ «ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ» ПК SCAD OFFICE

К.Т.Н., доц. Кожанов Ю.А., магистр Дубив А.В.
*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»*

В условиях современного строительства все чаще возникает необходимость ликвидации существующих зданий и сооружений. Сносу подлежат не только старые и ветхие здания, но и аварийные промышленные и гражданские объекты либо их части, реконструируемые объекты, мосты, здания, которые не вписываются в градостроительные планы и современный городской ландшафт. Снос зданий выполняется путем разборки, демонтажа, разбиванием, резкой, взрывом и другими контролируруемыми методами. Способ сноса зависит от вида конструкций, условий объекта, чувствительности окружающей среды, требований заказчика и наличия средств сноса у подрядной организации. Применительно к монолитным каркасным зданиям снос производится обрушением конструкций или в процессе постепенной разборки. Снос разборкой происходит с применением различных средств механизации. При этом трудоемкость и продолжительность работ увеличивается, но отсутствует вторичное разрушение продуктов обрушения. Такие методы сноса не требуют решения серьезных задач при проектировании, поскольку разрушение происходит сверху вниз в небольших объемах. Отсутствует риск мгновенного неконтролируемого обрушения всего сооружения. Снос зданий с обрушением конструкций осуществляется при помощи взрыва или канатной тяги. Эти способы применяются для быстрого сноса, когда процесс обрушения здания происходит практически мгновенно. Это вызывает ряд сложностей, таких как контроль над обрушением, выбор удаляемых элементов, определение предполагаемого порядка разрушения и т.п. Кроме того известны случаи, когда локальные повреждения здания при сносе не вызывали полного разрушения, и создавали при этом опасное аварийное состояние объекта. Естественно, выполнение работ в таком случае представляет серьезную опасность. Избегать таких ситуаций возможно с выполнением тщательных расчетов. Поэтому для получения наиболее эффективных результатов ликвидации монолитных железобетонных зданий и сооружений необходимо выполнять предварительное моделирование сноса.

В отечественных нормах проектирования отсутствуют как общие данные о проектировании сноса зданий (речь идет не об организации работ, а об учете механической работы конструкций), так и какая-либо методика. К примеру, в [1] сказано о необходимости выполнения расчета существующей схемы на нагрузки, действующие на момент сноса. Но при этом отсутствуют указания о порядке выполнения целенаправленного расчета самого процесса сноса. Поскольку вопросы проектирования сноса зданий не рассмотрены, остаются раскрытыми

возможности для исследования работы конструктивных схем и материалов в стадии обрушения, изобретения эффективных способов сноса зданий и сооружений, а также для разработки методической основы проектирования сноса монолитных зданий с помощью программных комплексов.

Процесс сноса зданий заключается в реализации принципа прогрессирующего разрушения, когда происходит распространение местного повреждения (разрушения) в виде цепной реакции от элемента к элементу, вследствие чего происходит обрушение всего здания. Для моделирования прогрессирующего разрушения здания при различных воздействиях используют зарубежные вычислительные комплексы ANSYS, PLAXIS, SOFiStiK и отечественные SCAD Office и Лира. При помощи последних возможно исследовать работу расчетных схем и отдельных конструкций при возникновении расчетных аварийных ситуаций. Расчет на прогрессирующее разрушение заключается в моделировании выключения из работы определенных элементов вследствие различных расчетных воздействий, получении результатов возможных разрушений и проектирование конструкций с учетом возникших перенапряжений и разрушений, то есть, направлен на обеспечение устойчивости здания к прогрессирующему обрушению и избежание массовых разрушений. Так в [4] Мкртычев О.В. приводит примеры моделирования в ПК ANSYS различных воздействий на сооружение, приводящих к прогрессирующему обрушению. По сути, при этом можно наблюдать тот же процесс сноса, если разрушение (удаление) определенных элементов задать целенаправленно, то есть создать расчетную ситуацию сноса. Учитывая сложную специфику работы и труднодоступность ПК ANSYS, задаемся целью исследования возможности применения отечественных комплексов для моделирования расчетных ситуаций сноса. Анализируя алгоритм расчета на прогрессирующее разрушение в ПК SCAD, имеем промежуточный этап, которым определяется степень разрушения элементов монолитного каркаса. Говоря о применении данного алгоритма в контексте сноса, приходим к следующей задаче: определить количество и местоположение элементов, повреждение (удаление) которых вызовет прогрессирующее обрушение всего здания.

Для проектирования сноса предложено решение задачи сноса монолитных железобетонных сооружений в линейной постановке в модуле «Прогрессирующее разрушение» в ПК SCAD Office версии 11.5. Данный модуль применяется для выявления изменений в работе как отдельных конструкций, так и здания в целом, при моделировании расчетных аварийных ситуаций. Расчетная ситуация сноса учитывает комплекс возможных условий, которые вызывают локальные либо полные разрушения здания, отображает влияющие факторы и способы их действия, и должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к сносу. Такая расчетная ситуация определяется предварительно предложенной технологией, и определяет, какие элементы предлагается исключить из работы. Сам порядок расчета на прогрессирующее разрушение в ПК SCAD заключается в статическом и динамическом расчете схемы, выполнении подбора арматуры, и моделировании

выключения из работы определенных элементов. Причем программа не позволяет задать способ выключения (удаления) этих элементов, что делает результат не достаточно корректным с механической точки зрения и затрудняет определение коэффициентов динамичности, оказывающих ключевое влияние на работу схемы во время разрушения. Недостатком расчета в ПК SCAD является отсутствие учета физической нелинейности материалов, что не позволяет должным образом учесть развитие пластических деформаций, имеющих место при разрушениях. К тому же, невозможно получить деформированную схему, отображающую результаты расчета на прогрессирующее разрушение.

Поскольку при сносе речь идет о существующих объектах, исходные данные для расчетов получают из существующей проектной документации или в результате обследований, с учетом принятых решений по технологии сноса. В результате технического обследования принимаются выводы о состоянии и несущей способности конструкций, фиксируются дефекты, и устанавливается соответствие фактической конструктивной схемы проектной документации. Необходимо создать расчетную схему таким образом, чтобы она соответствовала реальной конструктивной схеме на момент сноса. Должны быть отображены условия объекта и изменения в процессе эксплуатации: реальные закрепления, деформации, изменения объемно-планировочных решений, другие изменения, вызванные влиянием внутренней среды, ослабление сечений или уменьшение армирования и т.п.

Объектом для исследования послужил 13-этажный жилой дом каркасного типа в г. Днепропетровск. Каркас здания (колонны, балки, перекрытия и диафрагмы жесткости) выполнен в монолитном железобетоне. Стеновое ограждение и перегородки опираются на перекрытия поэтажно. На момент сноса здание освобождено от каких-либо полезных нагрузок, отключены и демонтированы коммуникации, перегородки, заполнения проемов и стеновые ограждения. Таким образом, была создана пространственная расчетная схема в программном комплексе. Конструктивная и расчетная схемы объекта приведены на рис.1. Поскольку здание проектировалось во время действия СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», нагрузки определялись в соответствии с требованиями данных норм.

Для получения усилий выполнен статический и динамический расчет на расчетные сочетания нагрузок. Также была создана комбинация, учитывающая действие нагрузок на момент сноса. Кроме того, поскольку работы по сносу необходимо проводить в безветренную погоду, действие ветра не учитывается. Конструирование выполнено по двум группам предельных состояний. Далее было создано 5 копий полностью посчитанной расчетной схемы для моделирования различных вариантов схем сноса. При создании групп удаляемых элементов предполагалось удаление несущих конструкций на первом и одном из верхних этажей для увеличения коэффициентов динамичности, направления центра масс и обеспечения больших разрушений.

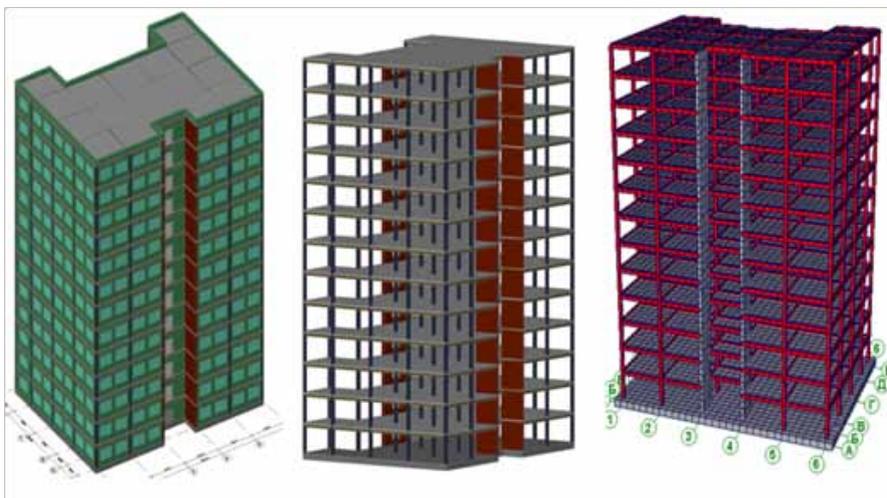


Рис. 1. Объект исследования (общий вид, конструктивная схема на момент сноса, расчетная конечно-элементная модель).

Исходными данными для расчета сноса служат группы удаляемых элементов и нагрузки, действующие на момент сноса. Каждый вариант сноса предполагает удаление различных колонн, как в плане, так и по высоте. Для учета эффекта падения и внезапности удаления конструкций, вводятся коэффициенты k_g и k_f . В виду не единичных разрушений (локальных повреждений) коэффициенты принимаются максимальными: $k_f = k_g = 2$. Учитывая, что общая работа элементов каркаса на стадии разрушения не является закономерным процессом, вводится параметр, характеризующий неопределенность результатов расчета на прогрессирующее разрушение. Он представлен интервалом неопределенности S . В него входят элементы с неопределенным характером работы (как те, которые разрушились, и такие, которые не теряют несущей способности). Этот интервал принимается равным 50%.

Результаты расчета на прогрессирующее разрушение, приведенные на рис.2, представлены схемами в 2-х или 3-хцветовой гамме. В 2-хцветной гамме красным цветом показаны элементы, которые исключились из работы (разрушились от перенапряжения, потери устойчивости, либо из-за потери связей), зеленым цветом – элементы, которые не теряют несущую способность. В 3-хцветной гамме желтым цветом показаны элементы, которые можно отнести с равной вероятностью к тем, которые разрушились, и к тем, которые продолжают работать (то есть попали в интервал неопределенности).

Анализ полученных результатов показывает, что при принятой расчетной ситуации сноса произойдет обрушения конструкций, и таким образом, локальные разрушения вызовут разрушение всего здания.

Элементы, которые показаны желтым цветом, а также большинство элементов перекрытия, не разрушаться, но с виду на схему они потеряют свое положение и обрушатся.

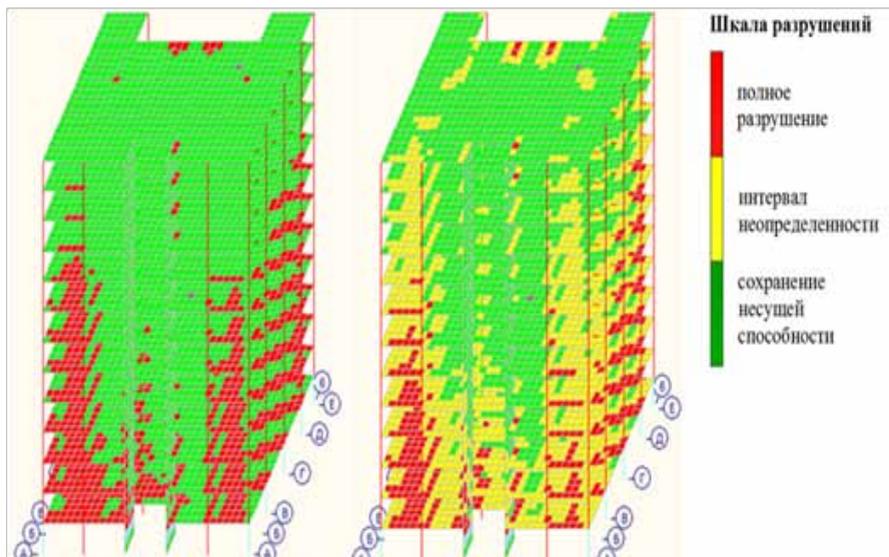


Рис. 2. Результаты расчета на прогрессирующее разрушение в 2-х и 3-цветных гаммах принятые к реализации

В процессе исследования было рассмотрено 5 вариантов схем сноса, проанализированы порядок выполнения расчетов и полученные результаты. На основе этого предложено алгоритм проектирования сноса зданий при помощи ПК SCAD, показанный на рис.3. Установлено, что на данном этапе исследований, в ПК SCAD возможно смоделировать снос здания в первом приближении, поскольку невозможно получить схему обрушений.

Следует отметить, что учесть технологический способ сноса в ПК SCAD достаточно сложно, поэтому ведется работы по созданию расчетных схем, которые учитывали бы непосредственное действие запроектированных технологий сноса способов создания повреждений и разрушений. Тем более, что на работу каркаса существенно влияет ослабление сечений сжатых железобетонных элементов (с сохранением устойчивости), создание разрезности пролетных конструкций путем изменения условий закреплений. Причем расчет на прогрессирующее обрушение необходимо выполнять на всех стадиях ослаблений для предотвращения несанкционированного внезапного обрушения. Таким образом будут учитываться требования безопасности.

К реализации принимается схема, которая удовлетворяет всем предъявляемым требованиям к сносу, и которая устанавливается путем перебора всех вариантов схем сноса.

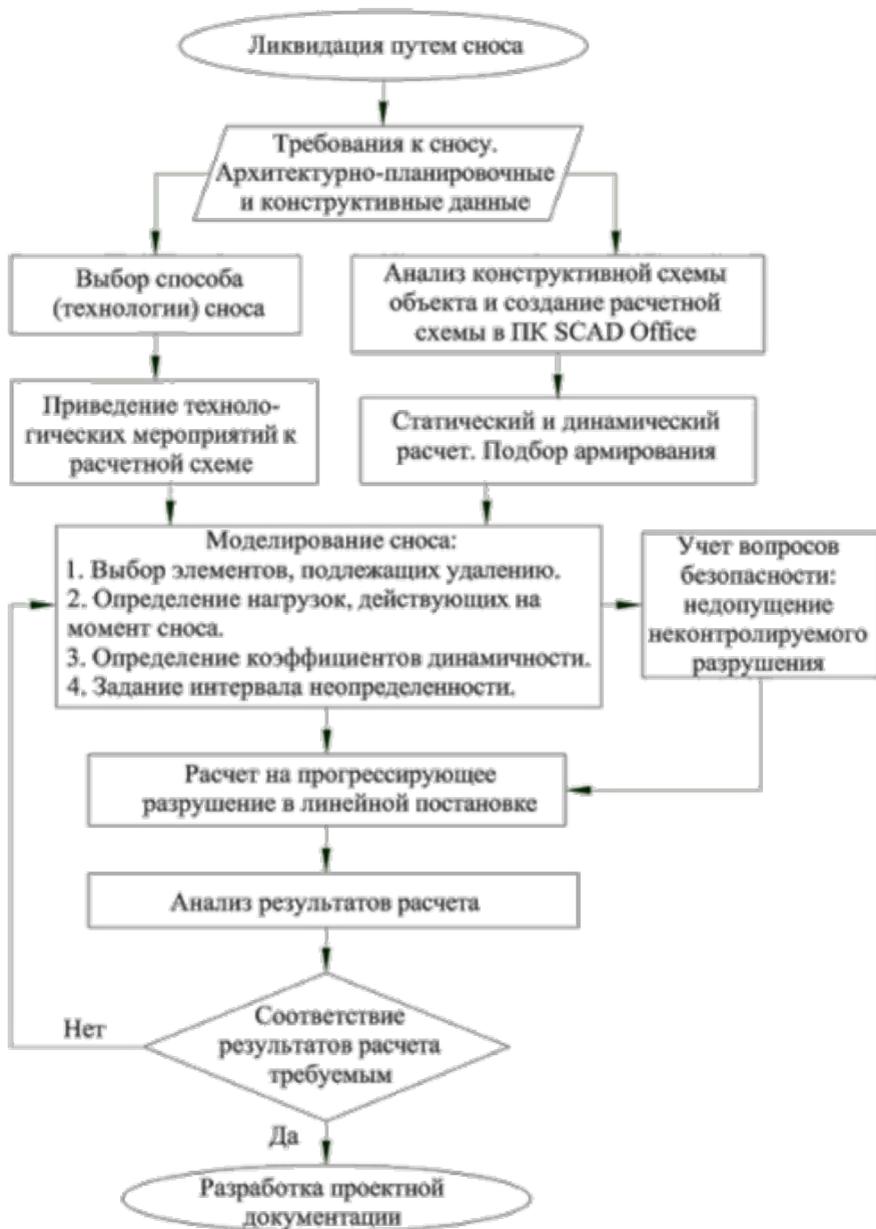


Рис. 3. Алгоритм проектирования сноса

Наиболее соответствовать полному разрушению будет схема, в которой при расчете на прогрессирующее обрушение большая часть несущих вертикальных элементов будет показана красным цветом в двух гаммах. Поэтому основной задачей проектировщика является моделирование расчетных ситуаций сноса и анализ разрушений.

Расчетные ситуации должны поочередно моделировать различные варианты удаления элементов. Причем их количество и расположение определяется проектировщиком в зависимости от конструктивной схемы здания. В процессе перебора необходимо установить схему, в которой при минимальном количестве удаленных элементов произойдет полное обрушение. Разработанный алгоритм предложен впервые и может быть использован для дальнейших исследований в области проектирования сноса зданий и сооружений, поскольку информация о них не встречается в нормах проектирования, которые действуют на территории Украины и в литературе на русском языке.

В процессе исследования установлено:

1) применение модуля «прогрессирующего разрушения» в ПК SCAD Office позволяет определить количество и местоположение элементов, удаление которых приведет к полному разрушению;

2) для получения более достоверных данных в дальнейшем необходимо использовать решение задачи в нелинейной постановке (геометрическая или физическая);

3) результаты данного исследования планируется проверить на реальном объекте.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Code of practice for demolition of buildings. Buildingdepartment. 2004.
2. СТО-008-02495342-2009 Предотвращение прогрессирующего обрушения железобетонных монолитных конструкций зданий. Проектирование и расчет. М., ОАО «ЦНИИПромзданий», 2009.
3. Перельмутер А.В., Криксунов Э.З., Мосина Н.В.. Реализация расчета монолитных жилых зданий на прогрессирующее (лавинообразное) обрушение в среде вычислительного комплекса SCAD Office. Инженерно-строительный журнал, №2, 2009.
4. Мкртычев О.В. Безопасность зданий и сооружений при сейсмических и аварийных воздействиях: монография / ГОУ ВПО Моск. гос. стрит. унив-т. – М.: МГСУ, 2010. – 152 с.