50 лет

Международный семинар
19-20 сентября 2013 г.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАСЧЕТА НЕСУЩИХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Организаторы: Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН); ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ): факультет строительства и архитектуры, кафедры «Уникальные здания и сооружения», «Промышленного и гражданского строительства»;
Национальный авиационный университет (НАУ, Украина): кафедра компьютерных технологий строительства; Группа компаний «ЛИРА-САПР», «Лира сервис», СОФОС (Украина); НП ООО «СКАД Софт» (Украина); ALLBAU SOFTWARE GMBH (Германия, Украина)

Председатель редколлегии
Емельянов С.Г., *ректор ЮЗГУ, д.т.н., проф., советник РААСН, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники*

Сопредседатели редколлегии:
Киричек А.В., *проректор по НР ЮЗГУ, д.т.н., проф.*
Травуш В.И., *вице-президент РААСН, академик РААСН, д.т.н., проф.*
Карпенко Н.И., *академик РААСН, д.т.н., проф.*
Федоров В.С., *академик РААСН, д.т.н., проф.*
Городетский А.С., *д.т.н., проф. (Украина)*
Голышев А.Б., *иностр. член РААСН, д.т.н., проф. (Украина)*
Сидоров В.Н., *советник РААСН, д.т.н., проф.*
Колчунов Вл.И., *д.т.н., проф. (Украина)*
Колчунов В.И., *академик РААСН, д.т.н., проф.*

Оргкомитет:
Бредихин В.В., *проректор по развитию имущественного комплекса ЮЗГУ, к.т.н., доцент*
Булгаков А.Г., *д.т.н., проф.ЮЗГУ*
Скорук Л.Н., *к.т.н., доцент (Украина)*
Полищук В.Г., *и.о. декана ф.-та строительства и архитектуры ЮЗГУ, к.т.н., проф.*
Колчунов В.И., *д.т.н., проф.ЮЗГУ*
Клюева Н.В., *д.т.н., проф.ЮЗГУ*

Ответственный за публикации
Орлов Д.А.

ISBN 978-5-7681-0861-8

Содержание

Сидоров В.Н.

К корректировке вычислительной расчетной модели сооружения по результатам его мониторинга.....5

Скорук Л.Н.

Проверочный расчет висячего моста через р. Днепр на трассе аммиакопровода Тольятти - Одесса пролетом 720 м 12

Пятикрестовский К.П.

Нелинейные деформации статически неопределимых деревянных конструкций.....25

Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.

К несущей способности железобетонных колонн, работающих в условиях термосиловыхзагружений при сравнительной оценке живучести зданий.....27

Федоров В.С., Левицкий В.Е., Соловьев И.А.

Проблемы расчета фактической огнестойкости зданий и сооружений.....32

Колчунов В.И., Яковенко И.А., Клюева Н.В.

Компьютерная реализация метода физических моделей сопротивления железобетона.....37

Сморчков А.А., Барановская К.О., Орлов Д.А., Кереб С.А.

Определение местоположение точечного источника замачивания с использованием программного комплекса SCAD.....51

Клюева Н.В., Азжеуров О.В.

К предметному значению определения живучести железобетонных конструктивных систем.....57

Колчунов В.И., Прасолов Н.О., Бухтиярова А.С.

Алгоритм расчета и анализ живучести железобетонные конструкций при внезапной потере устойчивости несущих элементов....*62*

Ромашкина М.А., Барабаш М.С.

Обеспечение конструктивной безопасности при проектировании высотных зданий с использованием ПК ЛИРА-САПР.....*73*

Барабаш М.С., Артамонова А.Е.

Методы организации обмена информацией между участниками процесса проектирования на основе ПК САПФИР.....*83*

Никитин К.Е., Залевский В.А.

Исследование распределения температур в неоднородных ограждающих конструкциях методом конечных элементов.....*90*

Никитин К.Е., Смотров Д.Г.

Особенности применения современных расчетных комплексов для проверки устойчивости тонкостенных пологих оболочек.....93

Поливанова Т.В., Можайкин В.В.

Проектирование систем водоснабжения и водоотведения с использованием автоматизированных средств проектирования.....97

Михайленко Т.Г.

Расчет суммарных остаточных напряжений от приварки ребер жесткости к стенкам прокатных широкополочных двутавров с помощью программы Mathcad.....100

Индыкин А.А.

Разработка автоматизированного оптимизационного алгоритма оценки устойчивости откосов грунтовых сооружений на основе эволюционного моделирования.....105

Булгаков А.Г.

Автоматическое управление мехатронным скользящим комплексом при возведении высотных монолитных зданий и сооружений.....109

Токмакова Ю.Н.

Алгоритмические и программные средства поддержки диагностики и управления техническим состоянием строительных конструкций.....117

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского кодекса Российской Федерации

Компьютерная верстка
Орлов Д.А.

Подписано в печать 12.09.2013.
Формат 60×84 1/8. Печ. л. 13,8.
Тираж 100 экз. Заказ № 61

Адрес редакции:

305040, Россия, г. Курск,
ул. 50 лет Октября, д.94
Тел.: +7 (4712) 50-48-16
www.swsu.ru
E-mail: pgs_swsu@mail.ru

Отпечатано в ЮЗГУ

© ЮЗГУ, 2013

N.O. Prasolov, Candidate of Technical Sciences, the Senior Lecturer of SKIM of the State university – educational scientific-industrial complex (Orel)
(e-mail: skimkafedra@yandex.ru)

A.S. Bukhtiyarova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of chair of Unique buildings and constructions of the Southwest State University (Kursk)
(e-mail: yz_swsu@mail.ru)

УДК 624.01(043.2)

М.А. Ромашкина, М.С. Барабаш

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПК ЛИРА-САПР

Выполнен анализ методов оценки риска возникновения аварийных ситуаций. Разработан алгоритм исследования отказов.

Ключевые слова: *аварийные ситуации, конструкции, надежность строительных конструкций, разрушения, риск.*

Повышение безопасности зданий, при рациональном использовании материальных ресурсов, оценка надежности эксплуатируемых и усиливаемых конструкций остается одной из актуальных проблем строительной отрасли.

В последние годы в связи с ростом количества техногенных и естественных катастроф все чаще возникает ситуация, когда несущие конструкции подвергаются воздействию интенсивных мгновенных динамических нагрузок, не предусмотренных проектом. Для обеспечения снижения числа аварийных ситуаций или убытка при их возникновении важной задачей является разработка таких подходов к исследованию прогнозирования состояния конструктивных систем, которые максимально обеспечивали их безопасность или снижали бы материальный убыток и человеческие жертвы в случае возникновения аварий.

Невзирая на важность повышения безопасности зданий и повышенное внимание к этой проблеме заграничных и отечественных ученых [1 - 4], единственного общепринятого алгоритма анализа отказов для конструктивной системы нет до настоящего времени. Это связано, прежде всего, с тем, что понятие конструктивной системы является достаточно обобщенным, и невозможно создать один алгоритм анализа отказов для широкого класса

объектов. В настоящее время является очень распространенным понятие свободного проектирования, т. е. все здания не являются типичными, потому и конструктивные системы являются разными. Но обобщить методику анализа отказов и предложить некоторые мероприятия перерастания отказов в аварийную ситуацию, а потом в аварию возможно благодаря методам компьютерного моделирования и методам применения мер безопасности еще на этапе проектирования строительного объекта.

При решении комплексных вопросов безопасности в развитых странах широко применяется методология риска, основу которой составляет определение последствий и достоверности нежелательных событий. Используя количественные показатели риска, в принципе, можно «измерять» потенциальную опасность и даже сравнивать опасности различной природы, при этом в качестве показателей опасности обычно понимают риск гибели людей (или в общем случае риск причинения определенного ущерба).

Риск, или степень риска, предлагается рассматривать как сочетание частоты (вероятности) и последствий конкретного опасного события [1]. Математическое выражение риска P – это соотношение числа неблагоприятных проявлений опасности n к их возможному числу N за определённый период времени, т.е. $P = n/N$. Помимо этого используется понятие «степень риска» R, т.е. вероятность наступления нежелательного события с учётом размера возможного ущерба от события. Степень риска можно представить как математическое ожидание величины ущерба от нежелательного события:

$$R(m) = \sum_{i=1}^{n} p_i m_i,$$

где p_i – вероятность наступления события, связанного с ущербом; m_i – случайная величина ущерба, причинённого экономике, здоровью и т.п.

Понятие риска всегда включает два элемента: частоту, с которой осуществляется опасное событие, и последствия возникновения опасного события. Анализ риска, в свою очередь, заключается в выявлении (идентификации) опасностей и оценке риска, когда под опасностью понимается источник потенциального ущерба или ситуация с возможностью нанесения ущерба, а под идентификацией опасности подразумевается процесс выявления опасности и определение ее характеристик. Применение понятия «риск», таким образом, позволяет переводить опасность в разряд измеряемых категорий.

Оценка риска – это анализ происхождения (возникновения) и масштабов риска в конкретной ситуации. Сегодня оценка риска является единственным аналитическим инструментом, позволяющим определить факторы риска для здоровья человека, их соотношение и на этой базе очертить приоритеты деятельности по минимизации риска. Оценка риска включает в себя анализ частоты, анализ последствий и их сочетание.

Анализ последствий включает оценку воздействий на людей, имущество или окружающую среду. Для прогнозирования последствий моделируются

аварийные процессы с учетом классификации причин и сущности поражающих факторов.

На рис.1 представлены существующие методы анализа риска [5]. На основе вероятностного метода могут быть построены различные методики оценки природно-техногенного риска, которые делятся на:

- статические, при наличии статистических данных;
- теоретико-вероятностные, используемые для оценки рисков от редких событий, когда статистика практически отсутствует;
- эвристические, основанные на использовании субъективных вероятностей, получаемых с помощью экспертного оценивания.

Рис. 1. Схема анализа рисков

На этапе оценки риска следует проанализировать возможную неопределенность результатов, обусловленную неточностью информации по надежности несущих конструкций, ошибкам проектирования, а также принятых допущений, применяемых при построении и расчете моделей строительных объектов.

Анализ опасностей описывает опасности качественно и количественно и заканчивается планированием предупредительных мероприятий. Он базируется на знании алгебры логики и событий, теории вероятностей, статистическом анализе, требует инженерных знаний и системного подхода.

Качественные методы анализа опасностей позволяют определить источники опасностей, потенциальные аварии и несчастные случаи, последовательности развития событий, методы предотвращения возникновения аварийных ситуаций, методы предотвращения перерастания аварийных ситуаций в аварию и методы смягчения последствий. Выбор качественного метода анализа опасностей зависит от назначения объекта и его сложности.

В настоящее время в литературе нет четкого понятия отказа строительной конструкции. Часть исследователей под отказом понимают достижение конструкцией предельного состояния по ряду критериев – безопасности, эксплуатационной пригодности (деформациям, образованию и раскрытию трещин) [2, 4]. Другая часть исследователей ставят в основу безопасность [1, 5].

При исследовании процессов жизненного цикла конструкции под отказом можно понимать ситуацию, при которой становится невозможной эксплуатация конструкции из-за опасности ее разрушения. Воздействия различных факторов на строительный объект могут привести к отказу каких-либо элементов конструкции. Классификация возмущающих воздействий на строительные объекты с точки зрения теории надежности, стойкости и безопасности приведена на рис.2 [5].

Анализ последствий отказов (АПО) – качественный метод идентификации опасностей, основанный на системном подходе и имеющий характер прогноза. АПО является анализом индуктивного типа, с помощью которого систематически, на основе последовательного рассмотрения одного элемента за другим, анализируются все возможные виды отказов или аварийные ситуации и выявляются их результирующие воздействия на объект строительства.

Рис. 2. Классификация возмущающих воздействий

Отдельные аварийные ситуации и виды отказов конструктивных элементов позволяют определить их влияние на другие элементы и объект строительства в целом. АПО осуществляется в следующем порядке:

- для несущих конструктивных элементов выявляют возможные отказы и причины, которые могут их вызвать;

- изучаются потенциальные аварии, которые могут вызвать отказы на исследуемом объекте;

- отказы ранжируют по опасностям и разрабатывают предупредительные меры.

Качественные методы анализа опасностей позволяют определить источники опасностей, потенциальные аварии и несчастные случаи, последовательности развития событий, методы предотвращения возникновения аварийных ситуаций, методы предотвращения перерастания аварийных ситуаций в аварию и методы смягчения последствий.

Анализ опасностей с помощью «дерева последствий» потенциальной аварии выполняется путем оценки критических событий, которые приводят к перерастанию аварийной ситуации в аварию.

При анализе «причин – последствий» используются комбинированные методы «дерева отказов» (выявить причины) и «дерева событий» (показать последствия) (рис. 3).

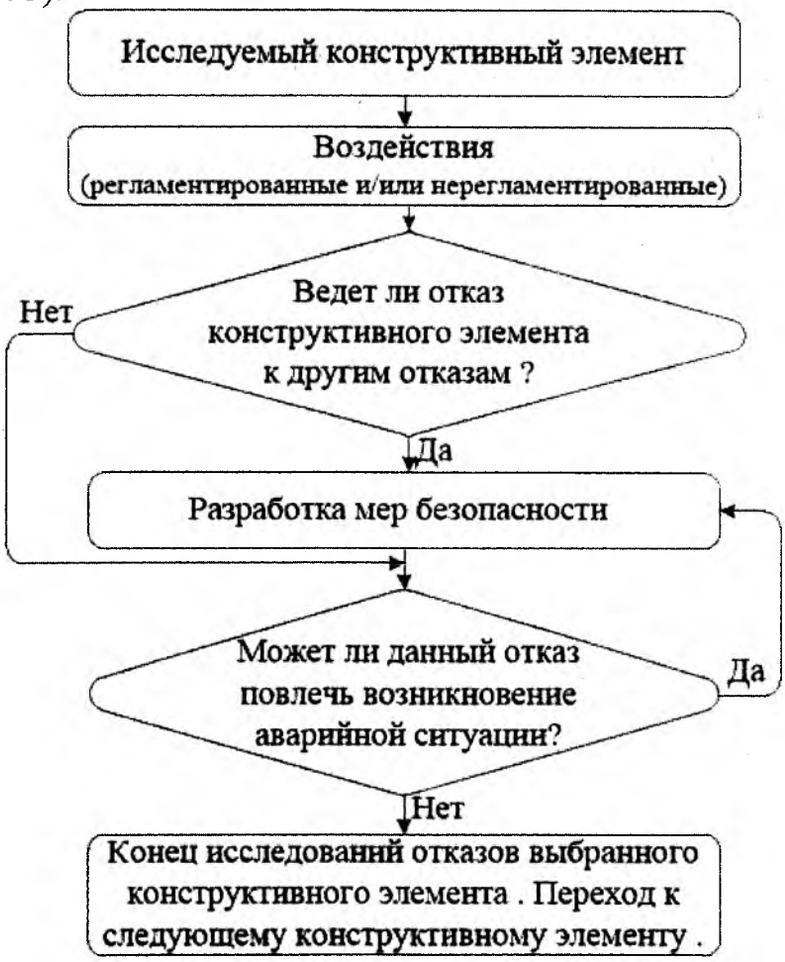


Рис. 3. Дерево отказа конструктивного элемента

Отдельные аварийные ситуации и виды отказов элементов позволяют определить их действие на другие прилегающие элементы и систему в целом.

Причинно-следственный анализ отказов конструктивной системы высотного здания осуществляют в следующем порядке:

1. При анализе конструктивной системы, прежде всего, необходимо учитывать совокупность воздействий, которые приводят к аварийной ситуации. По степени влияния воздействия классифицируются на регламентированные и нерегламентированные. К регламентированным воздействиям относятся параметрические отказы, возникающие в нормальных условиях эксплуатации в результате естественных процессов старения, износа, коррозии и т. д. К нерегламентированным воздействиям относятся внезапные катастрофические отказы, возникающие в результате внешних воздействий, превышающих пределы устойчивости строительных объектов (например, сейсмическое воздействие, взрыв, удар и прочие форс-мажорные факторы).

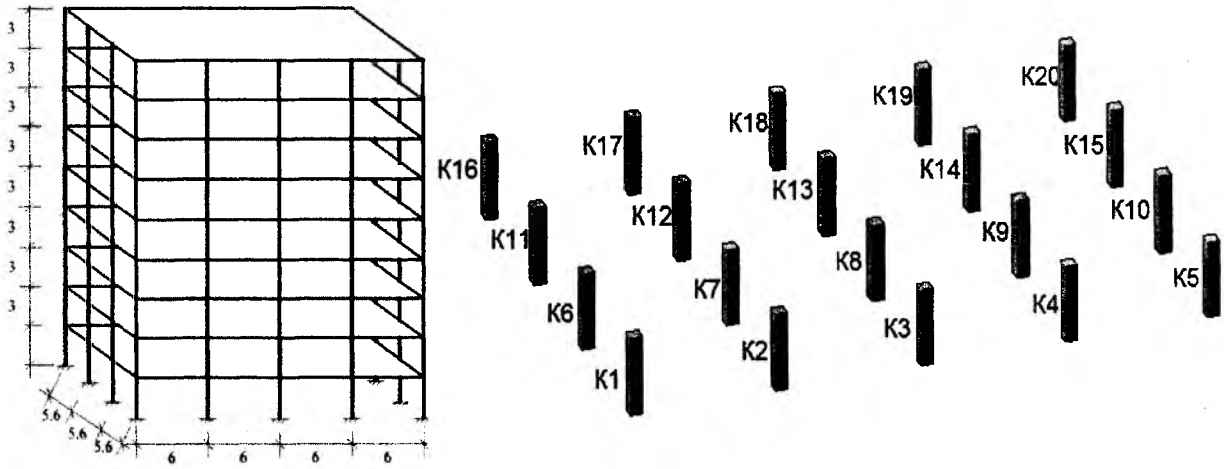
2. Конструктивная система (объект) состоит из конструктивных элементов. Несущий каркас объекта – это сложная конструкция, представляющая собой организованную совокупность групп унифицированных конструктивных элементов, таких как основание, фундамент, колонны, пилоны, стены, перекрытие и т.д. Каждый из этих элементов имеет свой критерий важности, свою категорию ответственности, согласно нормативным документам [7].

Аварийная ситуация приводит к полному или частичному отказу конструктивного элемента или системы в целом. Для оценки последствий возникновения аварийной ситуации (отказа) в конструктивном элементе необходимо учитывать критерий важности элемента в системе и учитывать его расположение. Например, отказ колонны первого этажа ведет к перерастанию аварийной ситуации в аварию, а отказ колонны среднего этажа при правильном проектировании ведет к перераспределению усилий в конструктивной системе.

К примеру, на рис.4 представлена расчетная модель пространственного каркаса, который образован стержневыми (колонны) и плоскими (плиты перекрытия) конечными элементами (КЕ). Сечение колонн 0,5х0,5 м, толщина перекрытия 0,2 м. На плиты перекрытия приложена равномерно распределенная вертикальная нагрузка q = 1 т/м^2.

В таблице 1 представлены результаты расчетов в проектном состоянии (без удаления колонны) и в запроектном состоянии с учетом аварийного выхода из строя колонн первого этажа. Расчет был выполнен при помощи программного комплекса «ЛИРА-САПР 2013» с учетом физической и геометрической нелинейности.

Анализируя результаты расчетов, можно констатировать, что компьютерное моделированием процесса внезапного удаления одной из колонн первого этажа помогло выявить наиболее важные колонны (К1, К5, К16, К20), для которых наблюдается наихудшее НДС модели пространственного каркаса.



а) б)

Рис.4. Расчетная модель пространственного каркаса (а) и расположение колонн в плане (б)

Параметры напряженно-деформированного состояния расчетной модели в проектном и запроектном состоянии

Параметры напряженно-деформированного состояния	Без удаления	Удаление колонн К1,К5, К16,К20	Удаление колонн К2,К4,К17, К19	Удаление колонн К3,К18	Удаление колонн К6,К10,К11, К15	Удаление колонн К7,К9, К14,К17	Удаление колонн К8,К13
Перемещения по оси x верхней ПП, мм	0,0379 ÷- 0.0379	6,04÷-1.9	5,02÷-5,73	0,223÷-0,223	5,39÷-10,4	0,211÷-0,41	0,146÷-0,146
Перемещения по оси z нижней ПП, мм	-3,48	-45,3	-36,9	-31,0	-36,1	-32,6	-27,5
Максимальная продольная сила N в колоннах 1-го этажа, т	-177	-178	-238	-221	-226	-246	-230
Максимальные и минимальные напряжения N_x в ПП 1-го этажа, т/м^2	13,9÷-12,1	59,1÷-87,7	54,7÷-71,1	50,4÷-63,8	57,5÷-65,5	57,9÷-75,5	55,9÷-70
Максимальные и минимальные напряжения N_y в ПП1-го этажа, т/м^2	7,66÷-11,6	60÷-88,1	59,4÷-93	52,4÷-77,1	54÷-71,2	61,9÷-85,2	52,3÷-71,3

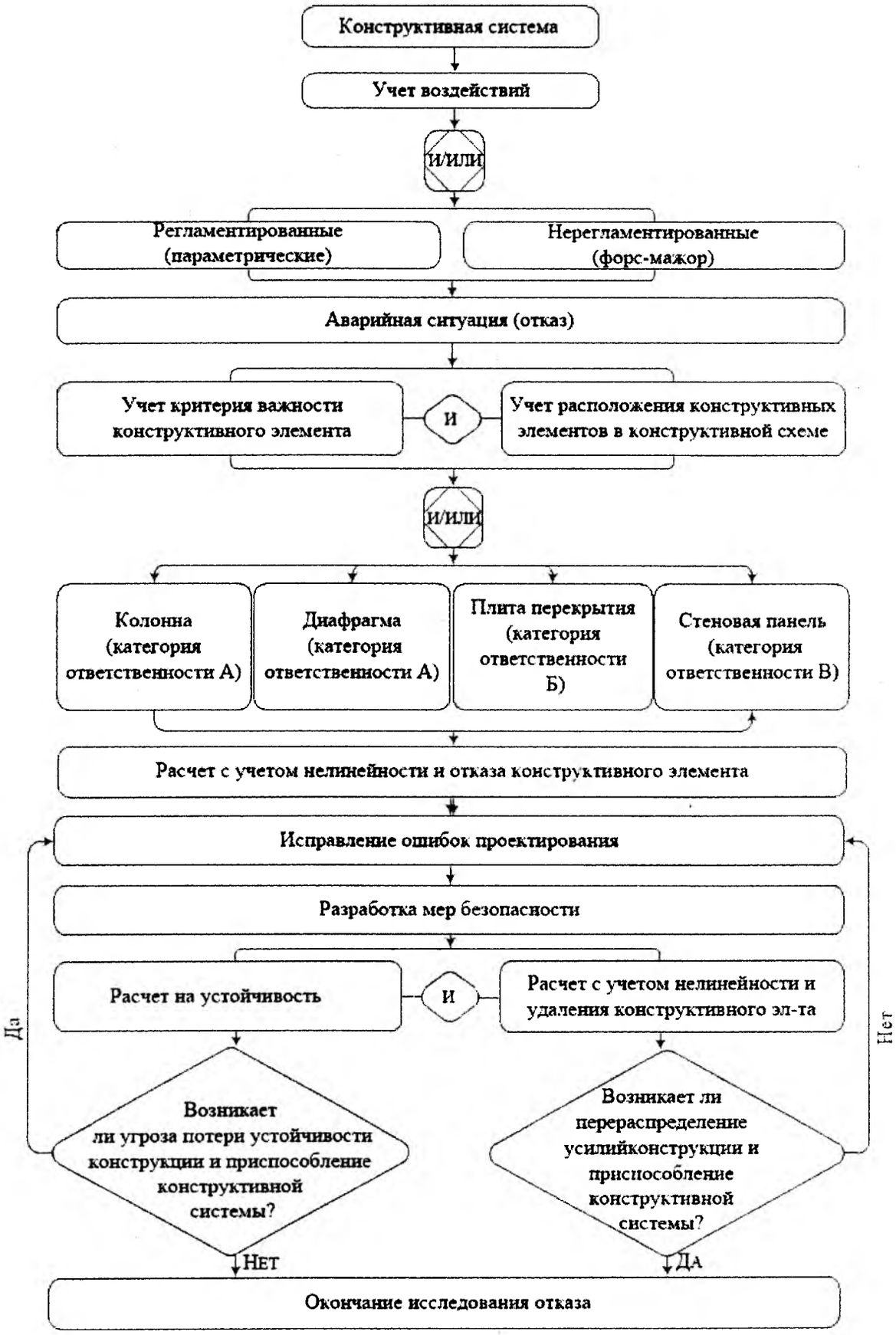


Рис. 5. Алгоритм причинно-следственного анализа отказов для конструктивной системы

3. Согласно нормативным документам [7] назначаются различные уровни надежности, конструктивным элементам или всему каркасу. При этом под стандартным уровнем надежности унифицированных групп несущих конструкций следует понимать такой уровень надежности, при котором риск аварии становится стандартным: нормальным или предельно-допустимым. К нормальному уровню надежности относится уровень P_i, при котором обеспечивается нормальный (естественный) R_i риск аварии объекта, а к предельно допустимому – уровень P_j, который соответствует предельно-допустимому значению R_j риска аварии.

Соответственно к нормальному риску аварии объекта приводят параметрические воздействия, а к предельно-допустимому приводят внезапные нерегламентированные воздействия. Поэтому при проектировании необходимо разрабатывать предупредительные меры для обеспечения безопасности объекта в течение заданного периода времени при возникновении аварийной ситуации.

4. В качестве предупредительных мер обеспечения безопасности объекта предлагается выполнять расчет на устойчивость и расчет с учетом нелинейности. Расчет на устойчивость выполняется для выявления устойчивости системы. Расчет с учетом нелинейности выполняется для выявления критической нагрузки в элементе, потенциально подвергающемуся аварийному воздействию.

Если критическая нагрузка в элементе возникла, необходимо проанализировать работу конструктивной системы при учете исключения из работы этого элемента и оценить вероятность приспособляемости конструктивной системы к вновь возникшим условиям работы. По результатам этого расчета следует выявить перераспределение усилий, которое возникает после удаления элемента, если перераспределения не произошло, то может возникнуть аварийная ситуация, которая может привести к аварии большого участка либо всего объекта. Для предотвращения этой ситуации рекомендуется предпринять проектные меры по усовершенствованию конструктивной системы в целом, с учетом взаимовлияния конструктивных элементов.

На рис.5 показан алгоритм исследования отказов на примере высотного здания.

Вывод

При помощи алгоритма исследования отказов для конструктивной системы можно оценить потенциал несущей способности любого строительного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельчаков А.П. Расчет и оценка риска аварии и безопасного ресурса строительных объектов. (Теория, методики и инженерные приложения). Челябинск : Изд-во. ЮУрГУ, 2006. 49 с.

2. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. М.: Изд-во АСВ, 2004.-72 с.

3. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. М: Изд-во АСВ, 2007. 256 с.

4. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М.: Стройиздат, 1978. 239 с.

5. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Оценка анализа и управления рисками в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.

6. Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. Пенза: Изд-во ПГУАиС, 2003. 155 с.

7. ДБН В.1.2-14-2009. СНББ. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.

М.А. Ромашкина, аспирантка Национального Авиационного Университета (Украина)
(e-mail: romashkina.1989@list.ru)

М.С. Барабаш, канд. техн. наук, доцент, докторант Национального Авиационного Университета (Украина)
(e-mail: bmari@ukr.net)

M.A. Romashkina, M.S. Barabash

PROVIDING OF STRUCTURAL SAFETY AT PLANING OF HIGH-RISE BUILDINGS BY PC «LIRA-SAPR»

The methods of emergency situations analysis causes are considered. The algorithm of research of failures is worked out.

Keywords: *construction, damage, destruction, emergency situations, reliability for structure, risk.*

M.A. Romashkina, Postgraduate Student of National Aviation University (Ukraine)
(romashkina.1989@list.ru)

M.S. Barabash, Candidate of TechnicalS, Associate Professor, Post Doctorate associate of National Aviation University (Ukraine)
(e-mail: bmari@ukr.net)