

обеспечения долговременной финансовой стабильности и устойчивости организации.

Инвестирование представляет собой один из наиболее важных аспектов деятельности любой динамично развивающейся коммерческой организации. Поэтому для выбора рентабельных проектов особую важность имеет предварительный анализ, который приводится на стадии исследования и разработки проектов, и способствует принятию разумных и обоснованных управленческих решений.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанов А.И. Финансы. – СПб.: Питер, 2000. – 192 с.
2. Бень Т.Г., Довбня С.Б. Интегральна оцінка фінансового стану підприємства // Фінанси України, 2002. № 6. – с. 53.
3. Вітлінський В. В., Макаренко В. О. Модель вибору інвестиційного проекту // Фінанси України. – 2002. – №4. – с. 63-72.
4. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ, №2, 2000.
5. Кудинов А. Прогнозирование финансового состояния и результатов деятельности промышленных и торговых предприятий http://iteam.ru/publications/finances/section_30/article_1275/

УДК 624.131

УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ТУРБОАГРЕГАТА МЕТОДОМ ВЫСОКОНАПОРНОЙ ИНЪЕКЦИИ

к.т.н. Головки С.И.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Для обеспечения нормальной работы энергетического оборудования на период более 50 лет требуется выполнение специальных работ по подготовке грунтов до начала строительства. В процессе эксплуатации оборудования при значительных статических и динамических нагрузках возникает необходимость проведения специальных укрепительных работ, что вызвано локальными деформациями грунтов, превышающими нормируемые допуски, возрастанием динамики фундаментов с отказами оборудования и пр. В этой связи представляет практический интерес опыт усиления водонасыщенного песчаного основания фундамента турбоагрегата №4 Трипольской ГРЭС с повышением механических характеристик и устранением вибрации фундамента и оборудования. В действующих в настоящее время нормативных документах основные положения по изменению деформационных свойств грунтовых оснований практически не отражены.

Актуальность работы.

При строительных отказах оснований, вызванных суффозией и динамическим разжижением грунтов, неравномерными нагрузками и деформациями метод инъекционного закрепления является одним из основных для устранения аварийных ситуаций. В конкретном случае возникла

необходимость локального изменения характеристик грунтов для устранения взаимного влияния фундаментов и сверхнормативных колебаний оборудования. Отсутствие теоретических решений по инъекционному закреплению грунтовых оснований зданий делает необходимым разработку расчетно-теоретической базы и проведение исследований в геологических условиях, осложненными высоким положением уровня подземных вод и локальным вибрационным разжижением грунтов.

Используемые до настоящего времени подходы при инъекционном закреплении оснований носили в основном эмпирический характер, базирующийся на экспериментальном закреплении, корректировке параметров нагнетания и растворов и в дальнейшем проведении собственно закреплений оснований [1,2,3].

Научная и практическая новизна

Разработанные теоретические основы инъекционного закрепления грунтовых оснований высоким давлением [4,5] позволяют на стадии проектирования [6] расчетным путем определить параметры процесса нагнетания в зависимости от физико-механических свойств грунтовых массивов, подлежащих закреплению. Экспериментально отработанные технологические решения по закреплению оснований имеют высокую сходимость с теоретическими расчетами и эффективность при усилении оснований инженерных сооружений при ликвидации аварийных отказов оснований и фундаментов зданий и сооружений в различных инженерно-геологических условиях.

Опыт практического применения

Фундамент турбоагрегата №4 Трипольской ГРЭС представляет собой пространственную рамную конструкцию, расположенную на фундаментной плите с размерами в плане 12000x41800мм, толщиной 1800мм. Глубина заложения фундаментной плиты -3,930 метром, отметка верха плиты 9,600м. За отметку 0,00 принят уровень чистого пола машинного отделения, что соответствует отметке 96,15м в Балтийской системе высот. До реконструкции нижнее строение фундамента представляло собой систему перекрестно-ленточных конструкций, однако при эксплуатации вследствие высоких осадок и динамики они были реконструированы в плиту.

Сечение железобетонных колонн фундамента выше отметки -2,0 1000x1500, 1000x3000мм, отметка верха колонн 7,380м. В верхней части колонны объединены продольными и поперечными железобетонными ригелями сечением 1800x1000, 1000x1000, 1000x2150, 1000x1920. В соответствии с проектом фундамент выполнен в сборно-монолитном варианте. Балки нижнего строения фундамента, колонны и ригели монтировались как сборные железобетонные конструкции, стыки монолитовались после сварки выпусков арматуры.

На отметке 9,600 по периметру проектом предусмотрено устройство плиты перекрытия для обслуживания агрегатов турбогенератора, толщина плиты 350мм, вылет консольной части 1000мм. В конструкции предусмотрено использование бетона марки М300.

Крепление фундаментных плит под опоры подшипников турбогенератора к фундаменту осуществляется посредством анкерных болтов через металлические гильзы, которые выполнены из трубы, замоноличенной в тело железобетонных конструкций в процессе их изготовления. После установки фундаментных плит в проектное положение выполнена их подливка подвижным бетонным составом с обеспечением плотного примыкания.

Основные инженерно-геологические изыскания на Трипольской ГРЭС проводились в период с 1962 по 1964 год. Площадка исследовалась достаточно подробно и до начала строительства территория станции была намыта с помощью земснарядов до современного уровня.

Главный корпус расположен на правобережной пойменной террасе р. Стугна и Днепр. В геологическом строении площадки принимают участие четвертичные аллювиальные отложения, представленные до глубины 7...12,8м мелкими кварцевыми песками. Мелкие пески подстилаются водонасыщенными песками средней крупности преимущественно средней плотности с прослоями плотных. Общая мощность четвертичных аллювиальных отложений составляет 13,5-22,0м. С глубины 13,5-22,0м (абс.отм. 80,28-71,74м) ниже четвертичных отложений залегают глауконитовые мелкозернистые пески бучакского яруса палеогена. Пески плотные, причем с глубиной плотность их увеличивается.

Грунтовые воды на площадке относятся к аллювиальному водоносному горизонту, гидравлически связаны с водами р. Днепр с сезонными колебаниями. При заполнении Киевского водохранилища до отметки 92,0м уровень подземных вод достигает абсолютных отметок 92,4...92,8м.

Литологическое строение площадки следующее.

Слой ИГЭ-1. Намывной грунт из песка мелкого с прослоями песка средней крупности. Намывные пески неоднородны, как по крупности, так и по плотности – в толще песков средней плотности прослеживаются рыхлые прослой.

Слой ИГЭ-2. Почвенный слой представлен гумусированными песками, реже суглинками и глинами, с корнями растений. Количество растительных остатков в нем колеблется от 0,1 до 2,9%.

Слой ИГЭ-4. Песок мелкий кварцевый, от влажного до насыщенного водой, средней плотности, участками рыхлый.

Слой ИГЭ-5. Песок средней крупности, кварцевый, насыщенный водой, рыхлый.

Основанием фундаментов главного корпуса Трипольской ГЭС являются насыпные пески мелкие, средней плотности ИГЭ-4. Объемный вес скелета грунта $1,62\text{т/м}^3$, угол внутреннего трения 28° , модуль деформации 20-26МПа, коэффициент фильтрации 5-8м/сут.

По состоянию на 2005...2006 годы за счет подъема уровня воды и реализации осадок основания, как от собственного веса, так и от дополнительной нагрузки, включая постоянные динамические, изменились характеристики грунтов. В связи с этим оценка состояния грунтового основания фундаментов проведена с учетом длительного загрузения,

согласно приложения Е ДБН В.3.1-1-2002. Определение расчетного сопротивления длительно нагруженного основания фундаментов ТГ-4 выполнено на основании нормативных указаний, с использованием характеристик грунтов, полученных при проведении изысканий в период строительства. На основании расчетов получено $R_f=375\text{кПа}$. Фактическое среднее давление по подошве фундамента ТГ-4 составляет 200...250кПа. Таким образом, по расчетному сопротивлению основания фундамент имеет достаточные запасы на действующие нагрузки, причиной повышения динамики машины не могла быть несущая способность грунтов.

Деформации основания определены на основании рекомендаций приложения 2 СНиП 2.02.01-83 методом послойного суммирования. Согласно которым получено, что расчетные осадки фундамента ТГ-4 не должны были превысить 80 мм. В процессе эксплуатации возможны приращения осадок, вызванные виброползучестью скелета песков величиной до 20...25мм. Фактические значения осадок фундамента турбоагрегата №4 Трипольской ГЭС достигли предельно допустимые значения по СНиП 2.02.01-83*.

На основании поверочных расчетов состояние фундамента и грунтового основания фундамента турбоагрегата №4 Трипольской ГЭС было оценено как удовлетворительное (категория состояния II). По результатам визуального обследования общее состояние железобетонных несущих элементов фундамента классифицировалось как удовлетворительное (категория состояния II). В период проведения плановых ремонтных работ требовались только мероприятия по удалению продуктов замасливания и деструкции и дальнейшему восстановлению защитного слоя бетона.

Оценка надежности основания фундамента турбоагрегата №4 по второй группе предельных состояний (деформациям) выполнена по результатам выполненных наблюдений за осадками марок, установленных на колоннах поперечных рам. Такие наблюдения были начаты в 1969 году, последний цикл измерений выполнен в составе работ 2005-2006 года, что позволило провести анализ деформирования грунтового основания за большой промежуток времени.

Наблюдения за осадками выполнено методом высокоточного геометрического нивелирования с учетом требований ГОСТ 24846-81 "Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений" и "Методических указаний по наблюдениям за осадками фундаментов, деформациями конструкций зданий и сооружений и режимом грунтовых вод на АЭС". На рисунке 1 представлен график развития осадок марок, установленных на колоннах фундамента турбоагрегата. Из графика следует, что за весь период эксплуатации стабилизации осадок не отмечалось, поскольку данным критерием согласно ГОСТ 24846-81 является скорость до 1,0мм/год.

Для оценки взаимного влияния фундаментов колонн турбинного отделения главного корпуса и фундамента турбоагрегата №4 были выполнены измерения и анализ осадок по маркам колонн, расположенных в зоне влияния ТГ-4. Результаты проведенных исследований показали, что характер деформаций грунтового основания и фундамента турбоагрегата имеют общие

тенденции с влиянием на фундамент ТГ-4 осадок колонн машинного зала. Деформации грунтового основания, которые возобновились в 1994-95 годах, продолжали развиваться с установившейся интенсивностью. Характерным для верхнего и нижнего строения фундамента является развитие продольного крена в сторону ряда «Б» турбинного отделения (зона расположения мельниц).

Наблюдениями за период с мая 2005 года по 2006 год зафиксированы продольные деформации фундамента турбоагрегата четвертого блока в виде продольного крена в сторону ряда «Б» турбинного отделения. Деформации крена наблюдались как по верхнему, так и по нижнему строению. При этом зафиксировано увеличение скорости развития осадок с 1995 года, составившее 2,2...3,5мм/год. Деформации фундамента ТГ-4 характеризуются монотонным нарастанием продольного крена в сторону ряда «Б» главного корпуса, что приводит, в целом, к уменьшению общего продольного крена, зафиксированного с начала наблюдений. За период с 2003 года по 2006 год приращение продольного крена по верхнему и нижнему строениям составило 3,2...3,9мм. Деформации верхнего строения фундамента ТГ-4 полностью соответствуют деформациям нижней плиты фундамента, что свидетельствует о целостности опор фундамента по подшипникам.

Развитие неравномерных деформаций фундамента ТГ-4 практически полностью стабилизировалось к 1995 году. Однако, начиная с 1999 года осадки и деформации возобновились с направлением в сторону среднего ряда «Б». В указанный период отмечается увеличение деформаций средней части фундаментов мельниц четвертого блока, работающих в низкочастотном динамическом режиме. Зафиксированные процессы нарастания деформаций свидетельствовали о нестабильном состоянии грунтового основания в районе фундаментов колонн машинного зала по осям «19» и «20» ряда «Б».

С 2001 по 2006 год приращение осадок колонн составило 6-9мм, за этот же период приращение осадок колонн первой рамы ТГ-4 составило 2,2-6,0мм. Разность осадок в зоне взаимного влияния составила 3,0-3,8мм. Их абсолютная величина хотя и является незначительной, но при динамических нагрузках от турбоагрегата вибрации возрастали, что требовало остановки машины и проведения центровок. Ремонтные работы не дали положительного результата. При исследовании динамических параметров был установлен факт увеличения параметров поперечных и продольных колебаний от верхней к нижней плите, тогда как на нормально работающих турбинах данная тенденция была обратной. Данное обстоятельство позволило предположить, что в ограниченной зоне могло не быть контакта фундаментной плиты с основанием. Данная зона собственно ограничивалась осадочной воронкой фундаментов колонн.

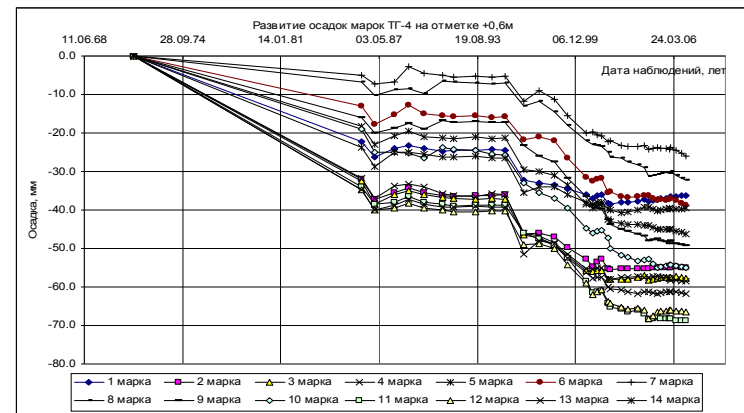


Рис. 1. График развития во времени осадок фундамента ТГ-4 Трипольской ГРЭС

Для выяснения причин локального проявления динамики было проведено контрольное бурение нижней плиты фундамента у левой опоры первой рамы на строительной отметке -3,96м. По выбуренным кернам был зафиксирован зазор между подошвой фундамента турбоагрегата и бетонной подготовкой. Величина зазора составила 3,0...3,5мм, что подтвердило результаты проведенных динамических и статических исследований, и правильность предположений причин повышенной динамики фундамента.

Для устранения сверхнормативных колебаний фундамента ТГ-4 в период эксплуатации необходимым условием являлось обеспечение контакта фундамента турбоагрегата №4 с основанием и стабилизация деформаций грунтового основания фундаментов колонн машинного зала в осях «19» и «20» по ряду «Б». На основании исследований был разработан проект по усилению основания и фундамента турбоагрегата (шифр 308-01.01-КЖ).

Проектом предусмотрено выполнение работ по усилению фундамента ТГ-4 последовательно в два этапа:

- 1- инъектирование высокоподвижными цементными составами зазора в основании подошвы фундамента ТГ-4 через систему инъекторов;
- 2- усиление активной зоны основания колонн машинного зала по оси «19» и «20» путем армирования вертикальными и горизонтальными элементами из цементного камня.

Инъектирование зазора в основании нижней плиты фундамента ТГ-4 выполняется через инъекторы И-1, установленные в пробуренные шпурсы с отметки -2,72м до отметки -4,12м. Контроль распространения инъекционного раствора и дополнительное инъектирование осуществляется через контрольные инъекторы ИК-1 и ИК-2.

Закрепление грунтового основания фундаментов колонн машинного зала было предусмотрено выполнять после завершения работ по инъектированию подошвы фундамента ТГ-4 в зоне отметок от -4,70м до -14,88м. Глубина инъекционного закрепления назначена по условию увеличения жесткости и

ликвидации виброползучести грунтов в активной зоне. Средневзвешенное значение модуля деформации массива грунтов после закрепления оценено величиной $E > 30 \text{ МПа}$.

При бурении инъекторов И-1, ИК-1 и ИК-2 на уровне подошвы фундамента турбоагрегата были обнаружены участки со слабым бетоном, каверны и пустоты до 100мм. После продувки сжатым воздухом через пробуренные инъектора зафиксировано, что инъектора И-1, ИК-1 и ИК-2 на уровне подошвы фундамента сообщаются между собой. Это свидетельствовало об отсутствии контакта нижней плиты фундамента с основанием (подготовкой). Расход цементного раствора при инъектировании превысил проектные значения в 1,5-1,8 раза, что свидетельствовало о большем чем предполагалось количестве пустот и зазоров. При инъектировании через инъектора и буроинъекционные скважины давление стабилизировалось при проектном уровне «отказа» Данный факт свидетельствовал о замкнутости полостей в основании фундамента турбоагрегата. После выполнения цементации основания фундамента турбоагрегата №4 было выполнено контрольное бурение кернов по нижней плите у левой и правой опор рамы первого подшипника. По результатам контрольного бурения установлено, что цементный раствор полностью заполнил зазоры и пустоты в основании подошвы фундамента, выбуренный керн имел сплошное сечение без раковин и пустот. Продувка воздухом через контрольные инъектора свидетельствовала об отсутствии пустот.

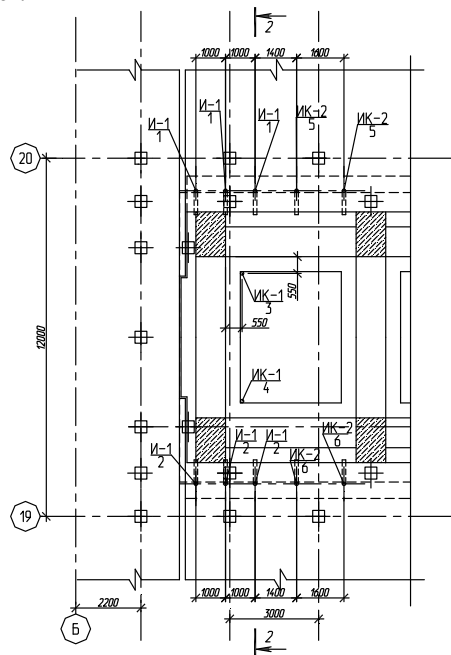


Рис 2. Схема усиления основания ТГ-4 и колонн машинного зала.



Рис. 3 Общий вид инъектора

Инъектирование цементным раствором зазора между подошвой фундамента ТГ-4 и бетонной подготовкой, а также усиление основания фундамента колонн турбинного отделения Трипольской ТЭС в осях «19» и «20» ряда «Б» было закончено 10 августа 2006 года. Начиная с этого периода после настройки турбины ее работа, как по статическим, так и динамическим параметрам является стабильной. Осадок и повышенной динамики опор не было зафиксировано.

Выводы.

1. Разработанный расчетно-теоретический метод и технология высоконапорного инъекционного закрепления водонасыщенных песчаных оснований имеет высокую эффективность и достаточную надежность для устранения аварийных отказов оснований и снижения осадок и динамических колебаний фундаментов.

2. После закрепления основания при расчетных параметрах нагнетания до середины 2009 года увеличения осадок рамного фундамента турбоагрегата и динамических колебаний не зафиксировано, что является подтверждением эффективности разработанного метода.

3. Реализации проекта усиления основания колонн машинного зала и нижней плиты фундамента позволила снизить деформации грунтов вплоть до стабилизации. Работа фундамента турбоагрегата №4 в проектном режиме после цементации оказалась возможной без ограничений.

4. Усиление оснований фундаментов машин с динамическими нагрузками возможно практически в любых инженерно-геологических условиях. Эффект снижения деформаций и динамики достигается за счет уплотнения и армирования грунтов цементным камнем.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шадунц К.Ш., Ляшенко П.А., Роменский В.В. Армирование грунта оснований цементным раствором. В сб. «Будівельні конструкції», вып.55, Киев, 2001,-с.185...189.
2. Матвеев И.В. Преобразование просадочных оснований как защита зданий от неравномерных деформаций. В сб. «Будівельні конструкції», вып.55, Киев, 2001,-с.84...88.
3. Писанко В.П., Нуждин М.Л. Уплотнение грунтового основания методом

- высоконапорного инъектирования с нагнетанием смесей по заданным траекториям. Сб.науч.тр.: «Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство». С-Петербург, 2003, с 361-364.
4. Головки С.И. Физическая и математическая формализация процесса инъектирования грунтовых оснований. Сб.науч.тр.: Строительство, Материаловедение, Машиностроение; Вып. №21.-Дн-ск: ПГАСиА, 2002, С.92-96.
 5. Головки С.И. Напряженно-деформированное состояние основания в процессе высоконапорного инъектирования. В сб. «Будівельні конструкції», вып.61, Киев, НДБК, 2004,-с.42...47.
 6. «РАБОЧИЙ ПРОЕКТ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ТГ-4». Шифр проекта 308-01.01-КЖ.Т. ПГАСиА, Днепропетровск 2006 г.

УДК 624.04.001.57 (045)**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА ЗДАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ РАЗРУШЕНИЮ**

д.т.н., проф. Городецкий А.С. *, к.т.н., доцент М.С. Барабаш**

** Научно-исследовательский институт строительного производства**** Национальный авиационный университет*

Несколько резонансных катастроф происшедших в последнее время побудили инженеров-конструкторов обратить особое внимание на проблему обеспечения живучести (жизнестойкости) конструкций.

Общепринятого термина «живучесть конструкции» не существует. В нормативных документах встречается термин «живучесть системы теплоснабжения», а в энциклопедическом словаре можно встретить термин «живучесть судна».

Под живучестью конструкции предлагается подразумевать свойство сохранять общую несущую способность при локальных разрушениях вызванных природными и техногенными воздействиями.

К этой проблеме непосредственно примыкает обеспечение устойчивости конструкций высотных зданий к прогрессирующему обрушению.

Прогрессирующее разрушение здесь трактуется как глобальный результат, сопровождающийся утратой несущей способности всего каркаса или существенной его части, инициированный локальными повреждениями, в том числе – повреждениями одного элемента каркаса или нарушения узла сопряжения элементов каркаса.

Сопrotивление прогрессирующему разрушению можно интерпретировать как обеспечение нераспространения локального повреждения на другие элементы конструкции, то есть - предотвращение глобального разрушения.

Эта проблема изучается уже давно и серьезные исследования примыкающие к ней проводятся примерно с 1990 г [1]. Так в [2] дается серьезный анализ этой проблемы, а в перечне ссылок приводится более 50

работ, непосредственно примыкающих к рассматриваемому вопросу. Проводятся соответствующие исследования и в СНГ [3-13].

В результате этих исследований сделаны определенные рекомендации касающиеся установления параметров локальных разрушений и предлагаются расчетно-конструктивные мероприятия, препятствующие прогрессирующему разрушению. Эти рекомендации учтены в проекте ДБН «Проектування висотних будинків житлово-громадського призначення» (приложение Е «Методика розрахунку висотного будинку на опір прогресуючому обваленню», носящее рекомендательный характер) и в основном сводятся к следующему:

1. Определены рекомендуемые параметры локальных разрушений, в частности вертикальные элементы на одном этаже могут удаляться на площади не более 80 кв. м, а площадь сечения отдельно взятого удаленного вертикального элемента не должна превышать 0,9 кв. м.
2. Узлы соединения конструктивных элементов не должны быть подвержены хрупкому разрушению. Эти рекомендации направлены на то, что бы в результате возможных больших перемещений, конструкция могла приспособиться к новой ситуации, начав работать в некоторых случаях по измененной схеме.
3. Расчет при удаленных элементах должен выполняться на нормативные нагрузки только по первому предельному состоянию, т.е. допускаются большие перемещения и трещины, которые могут привести к потере эксплуатационных качеств, не нарушив при этом общую несущую способность конструкции.
4. В общей схеме каркаса желательна предусматривать «конструктивные ловушки», локализирующие местные повреждения. Так устройство механических этажей в виде пространственных платформ (верхнее и нижнее перекрытие технического этажа связывается системой перекрестных диафрагм) обеспечивает локализацию местных повреждений, произошедших между техническими этажами.
5. Расчет на устойчивость к прогрессирующему обрушению рекомендуется проводить по следующей схеме:
 - расчет эксплуатационной стадии, предшествующей локальному обрушению проводится с учетом физической и геометрической нелинейности;
 - напряженно-деформированное состояние предыдущего этапа является стартовым для расчета схемы с удаленными элементами. Нагрузкой являются усилия в удаленных элементах, увеличенные на коэффициент, учитывающий динамику процесса. Расчет проводится 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 конструктивной схемы. Конструктор на основе такого расчета имеет возможность наметить ряд конструктивных мероприятий, чтобы организовать работу конструкции по новым схемам.