

СОДЕРЖАНИЕ**Мониторинг технического состояния**

<i>Федосеев Ю.Е. Егорченкова Е.А.</i> СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ	2
<i>Кухта А.В.</i> МЕТОД БЕЗОПОРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ	20
<i>Михайлов В.В., Колобанов А.С.</i> ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, РА- БОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД, КАК ПРЕДПОСЫЛКА К ПОСЛЕ- ДУЮЩЕМУ ИХ МОНИТОРИНГУ	23
<i>Ведяков И.И.</i> О ПРИЧИНАХ ОБРУШЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА В ДОМОДЕДОВСКОМ РАЙОНЕ МОСКОВСКОЙ ОБ- ЛАСТИ И МЕРОПРИЯТИЯХ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЕГО НЕСУЩУЮ СПОСОБ- НОСТЬ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ	28
<i>Идиатуллин Д.Р., Клецин В.И.</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	34

Риски при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений

<i>Комлева Е.В.</i> ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ: ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ПО- ЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	42
<i>Тамразян А.Г.</i> РАСШИРЕНИЕ МОСКВЫ КАК ГЛОБАЛЬНЫЙ ФАКТОР СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ТЕР- РИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	48

Экспериментальные исследования работы конструкций

<i>Мельников А.Б.</i> ВЫСОТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО КАК ОДИН ИЗ ВИДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗ- ДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА	54
<i>Катранов И.Г.</i> БЕЗАВАРИЙНАЯ РАБОТА СОЕДИНЕНИЙ ЛСТК НА ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЕПКАХ И ВИНТАХ	57
<i>Катранов И.Г., Кунин Ю.С.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЕПОК И ВИНТОВ В СОЕДИНЕНИЯХ ЛСТК	62
<i>Еремин К.И., Павлова Г. А., Матвейошкин С.А</i> НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	69
<i>Павлова Г.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЛИСТОВЫХ ЛИНЕНО-ПРОТЯЖЕННЫХ МЕ- ТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	74
<i>Сутягин А.Е.</i> О СИСТЕМЕ КОЭФФИЦЕНТОВ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТА ЗА ПЕРЕХОД ЗДАНИЯ В ПРЕДЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ	78

Информация

НАШИ АВТОРЫ	82
--------------------	----

Мониторинг технического состояния

СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ STRATEGY AND TACTICS FOR INTERPRETATION RESULTS OF GEODETIC MONITORING OF DEFORMATION PROCESSES

УДК 528.482.

Федосеев Ю.Е.

Московский Государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)

НИЦ «Геодинамика», руководитель центра геодезии и кадастра, в.н.с., к.т.н.,

Егорченкова Е.А.

Московский Государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),

ООО «Сибстройизыскания», руководитель камеральной группы отдела

геодезии и картографии, соискатель МИИГАиК

Fedoseev Yu. G.

Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)

NITs Geodinamika (Research and Development Center), Head of Geodesy and Cadastre Center, Chief

Research Officer, Candidate of Technical Sciences,

Egorchenkova E.A.

Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)

Sibstroyizyskaniye OOO, Head of Office Analysis Group, Geodesy and Cartography Department, a

candidate for a degree at MIIGAiK

Аннотация

В настоящее время появились новые технические возможности проведения геодезического мониторинга деформационных процессов, конечной целью которого является суждение о состоянии объекта исследования. Это суждение должно быть аргументированным, исчерпывающим и в юридическом смысле ответственным. Достичь данной цели можно только по результатам комплексных геотехнических исследований, составной частью которых является полномасштабный геодезический деформационный мониторинг. Целью настоящей статьи является описание стратегии и тактики интерпретации результатов геодезического деформационного мониторинга, отработанные за многогодовую практику решения самых различных задач данного круга.

Summary

Today there are some new technical possibilities of carrying out geodetic deformation monitoring. Its ultimate aim is a judgement on the state of the object of research that should be well-reasoned, comprehensive and legally responsible. Achieving this goal can only be based on the results of complex geotechnical investigation, an integral part of which is full-scale geodetic deformation monitoring. The purpose of present article is the description of strategy and tactics of interpretation of results of the geodetic deformation monitoring, the decisions of the most various problems fulfilled for multiannual practice.

Ключевые слова:

Безопасность зданий и сооружений; современные требования к геодезической информации; геодезические измерения деформационных процессов; методика интерпретации.

Key words:

Safety of building and structures; modern requirements for geodetic information; geodetic measurements of deformation processes; interpretation technique.

К сожалению, конец прошлого столетия и начало текущего омрачено громкими техногенными катастрофами, сопряженными с людскими потерями, большими материальными и моральными издержками. В подавляющем большинстве случаев расследование сводится к беспредметным рассуждениям о невероятном стечении обстоятельств, о «бунте машин» и т.п. В действительности, во всех случаях можно говорить о развитии негативных процессов, на которые либо не обращалось внимания, либо это внимание носило формальный характер, а принимаемые меры были явно недостаточны. Исключение развития по

оговоренному печальному сценарию, возможно только при условии организации всеобъемлющего мониторинга состояния строящихся и эксплуатируемых объектов. Общей целью такого мониторинга должно являться объективное суждение о состоянии объекта, полученное на основании реальных результатов натурных наблюдений и исследований.

Геодезический мониторинг деформационных процессов является одной из форм изучения состояния инженерных объектов или урбанизированных территорий, на которых расположены эти объекты. Целями проведения рассматриваемых мероприятий является:

- Оценка рисков, связанных с развитием процессов деформации сооружений и прилегающей к ним территории.
- Поиск ранних предвестников возможных катастрофических деформационных процессов, могущих привести к полной (частичной) утрате объекта или к созданию препятствий к нормальной эксплуатации сооружений, оказавшихся в зоне негативного воздействия.

В наиболее общей форме, при обсуждении последствия негативно развития деформационных процессов можно говорить о некотором риске R – то есть о некоторой сумме средств, необходимых для ликвидации негативных последствий события [1].

Оценка этого риска может быть описана в виде следующего выражения

$$R = P_{dn} * P_y * C, \quad (1)$$

где P_{dn} – вероятность проявления деформационных процессов, могущих нанести ощутимый ущерб;

P_y – вероятность того, что данный уровень деформаций превзойдет допустимое значение для данного объекта;

C – ущерб, обусловленный стоимостью объекта, либо расходы по проведению восстановительных операций и т.п.

Выражение носит весьма формальный характер, так как в реальной жизни мы имеем дело с целой комбинацией возможных деформационных процессов. Можно говорить о некотором сценарии. Рассмотрим это утверждение более подробно на некотором условном объекте [2]. Схема представлена на рис. 1.

Предположим, что основным объектом, ради безопасности которого организован геодезический мониторинг, является некоторое технологическое оборудование, расположенное внутри инженерного сооружения. Нежелательное развитие процесса деформаций может привести к нарушению в работе технологического оборудования. Предположим также, что само по себе технологическое оборудование может выйти из рабочего режима только за счет внешних воздействий, неспровоцированных этим оборудованием. При оговоренных условиях негативный процесс может начаться только за счет смещений и деформаций строительных конструкций, непосредственно на которых смонтировано рассматриваемое оборудование.

Даже поверхностный анализ схемы, приведенной на рис.1 позволяет утверждать, что формула (1) имеет скорее декларативный характер. Нежелательное событие – выход из строя технологического оборудования может произойти под совместным воздействием нескольких процессов, вероятность возникновения которого не определена, кроме того, причины, порождающие эти процессы, могут оказывать воздействие на конечный результат через разные процессы. В рассматриваемом случае, можно указать на воздействие агрессивных вод, появившимся на площадке и, предположительно, не предусмотренными мерами проектной инженерной защиты, или вибрацию, вызванную неизвестно чем.

В порядке обобщения можно утверждать, что процессы деформаций являются следствием некоторой композиции воздействия порождающих их процессов, которые действуют по неизвестному сценарию. Эту ситуацию приближенно можно описать следующим соотношением. Пусть $\Phi_i(x, y, z, t_i)$ – состояние системы в момент t_i , известное в точках с координатами $(x, y, z,)$

$$\Phi_i(x, y, z, t_i) = [G_0(x, y, z, t_0) + T_i(x, y, z, t_i)] * P(x, y, z, t_i), \quad (2)$$



Рис.1.Схема причинно-следственных связей развития гипотетического деформационного процесса

Рассмотрим компоненты выражения (2) более подробно.

1. Вектор $\Phi_i(x,y,z,t_i)$, содержит значение всех факторов, известные на момент t_i , описывающих состояние объекта.
2. Адресные координаты (x,y,z) точек или областей сооружения, для которых определены оговоренные факторы.
3. Жесткости системы $G_0(x,y,z,t_0)$ -, то есть ее способностью компенсировать внешнее воздействие на момент t_0 , то есть на момент начала проведения мониторинга.
4. $T_i(x,y,z,t_i)$ изменения G на момент t_i с момента начала проведения мониторинга.

5. Вектор $P(x, y, z, t_i)$, содержит значение всех воздействий на объект мониторинга, известные на момент t_i , влияющих на его состояние.

Большинство факторов, составляющих содержательную часть выражения $[G_0(x, y, z, t_0) + T_i(x, y, z, t_i)]$, измерить в процессе мониторинга не представляется возможным.

Отметим, что жесткость системы $G_0(x, y, z, t_0)$ возможно оговорить двояко:

- декларировать проектные представления;
- оценить по результатам обследования здания или сооружения.

Во втором случае представляется целесообразным проведение деформационного мониторинга хотя бы в течение года.

Большинство факторов составляющих содержательную часть выражения $P(x, y, z, t_i)$, то есть всевозможные воздействия на объект, можно только предположить, измерить их так же либо очень трудно, либо невозможно. Мало того, существует совокупное влияние неучтенных факторов $F_\theta(\theta(x, y, z, t_i))$, о которых мы даже и не подозреваем, но они могут быть весьма значительными.

В числе факторов, описание которых содержится в компонентах вектора $\Phi_i(x, y, z, t_i)$, могут появиться такие, которые содержат в качестве аргументов перемещения точек Δx , Δy , и Δz . Пусть эти компоненты имеют вид

$$\Phi_i[x, y, z, t_i, \Psi(\Delta x, \Delta y, \Delta z)],$$

где Ψ – некоторая обратная функция, связывающая перемещения $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ и вызвавшие их воздействие $P_\Psi(x, y, z, t_i)$.

Величины смещений $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ могут быть вычислены по результатам натуральных геодезических вычислений β .

В этом случае можно говорить, что выражение $\Psi(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ есть некоторая параметрическая деформационная характеристика при условии, что вид функции Ψ остается неизменным.

Потребителю (Заказчику) необходимо суждение (описание) о ходе процесса деформаций, а не массивы значений содержательной части информации $(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta t)$. Если такое суждение, полученное на основании анализа вида и коэффициентов описания обратной функции $\Psi(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ оказалось затруднительным или результат не устраивает по какой-либо причине, то возможно иное решение.

Нами в работе [8] показано, что в качестве некоторого эквивалента $\Psi(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ можно использовать семейство простых геометрических образов, например прямых, на освоении рассмотрения которых можно с точностью до шага точек, положение которых определяется из геодезических измерений, получить информацию о предполагаемых местах возможных разрушений.

Пусть на момент t_2 состояние системы можно представить в следующем виде

$$\Phi_2 = \Phi_1 + f_{1,2},$$

где $f_{1,2}$ – изменения в системе произошедшие за время между моментами проведения циклов измерений, то есть за промежутки времени $\Delta t_{1,2}$.

В свою очередь

$$f_{1,2} = F(P(x, y, z, \Delta t_{1,2})) + \Delta(G_1(x, y, z, \Delta t_{1,2})) + F_\theta(\theta(x, y, z, \Delta t_{1,2})), \quad (3)$$

где- $F(P(x, y, z, \Delta t_{1,2}))$ – остаточные последствия внешних воздействий, имевших место за промежутки времени $\Delta t_{1,2}$, на момент времени t_2 (с учетом релаксации);

$\Delta(G_1(x, y, z, \Delta t_{1,2}))$ – изменение жесткости системы за тот же период;

$F_\theta(\theta(x, y, z, \Delta t_{1,2}))$ – совокупное влияние неучтенных факторов.

Отметим, что все перечисленные компоненты могут содержать как некоторый тренд, то есть являться функциями времени, так и импульсные компоненты, моменты воздействия которых носят случайный характер. Продолжительность воздействия последних из упомянутых процессов может быть больше или меньше $\Delta t_{1,2}$. Высказанные утверждения можно пояснить при помощи рис. 2.

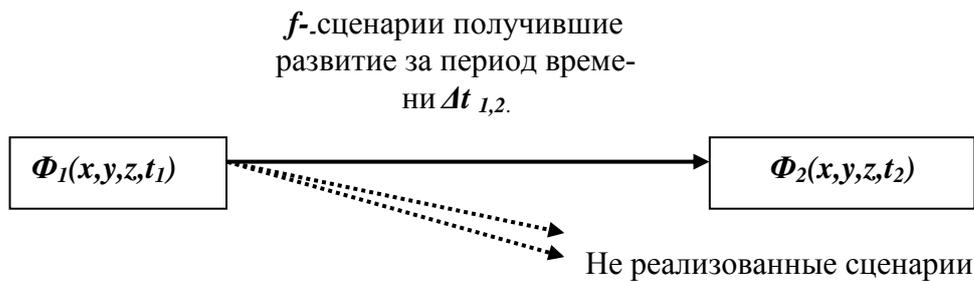


Рис.2

На практике данными о деформациях сооружений и технологического оборудования служат результаты периодических геодезических измерений. Это не единственный, но один из основных методов получения информации. Одной из особенностей геодезической информации о деформациях инженерных сооружений являются то, что она получена в результате не рандомизированного эксперимента. Под рандомизированным экспериментом понимается эксперимент, спланированный и выполненный таким образом, что его результаты содержат в основном информацию о реакции объекта исследований на изменение какого-либо одного фактора, а влияние изменений прочих факторов сведено до минимума или совсем исключено. Идеальный эксперимент должен быть спланирован и выполнен таким образом, чтобы получаемая информация удовлетворяла следующим условиям: однозначно отражала характер исследуемого явления, была удобна для обработки и интерпретации, равноточна, независима.

В результате проведения геодезических измерений, выполняемых в процессе деформационного мониторинга, получается некоторые базы пространственно распределенных данных. Число таких баз соответствует числу циклов наблюдений и может быть сколь угодно большим. В первом приближении геодезические данные о деформациях объекта для каждого цикла измерений можно представить в виде следующей схемы (рис.3).

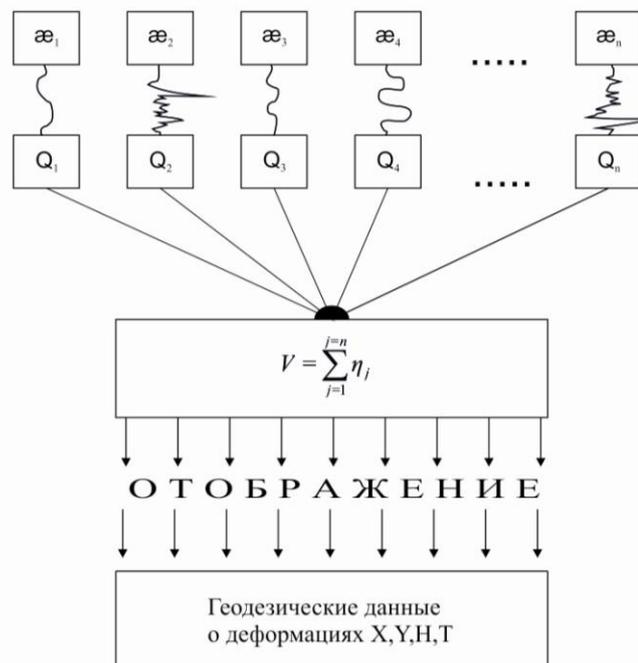


Рис. 3. Схема образования геодезических данных о деформациях.

На рис.3 под ε понимаются всевозможные внешние воздействия на объект исследования, то есть $P(x, y, z, t_i)$, суть которых рассматривалась несколько ранее. Отметим, что в дополнение к сказанному, одной из ε может быть приписано время, которое рассматривается как формальная причина деформаций. Под символом Q понимается реакция сооружения объекта именно на

это воздействие, рассматриваемое нами ранее, например, в выражении (2), как элемент вектора $\Phi_i(x, y, z, t_i)$. V - их совместное влияние, то есть вектор $\Phi_i(x, y, z, t_i)$, причем его компоненты предполагаются независимыми, что является упрощением представлений, иллюстрируемых рис.1.

Геодезическими методами возможно только определить смещения отдельных точек, принадлежащих объекту, и эти определения окажутся отнесенными к конкретному моменту времени. Подобная геодезическая информация всегда является дискретным во времени и пространстве отображением объективного непрерывного процесса. Упомянутая информация имеет сложную структуру, которую можно описать следующей схемой:

- имеется адресная компонента (x, y, z и t), однозначно определяющая к какой точке и моменту времени относится содержательная часть;
- содержательная часть ($\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta t$) – смещения контролируемой точки за промежутки времени Δt .

Если ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$) меньше $2TK_p$, где коэффициент 2 обусловлен использованием разностей координат, а коэффициент T зависит от избранной доверительной вероятности, то можно говорить, что за период Δt смещения рассматриваемой точки незначимы. Назначение (нормирование) интервалов Δt зависит от скорости протекания изучаемых процессов и от технологической точности измерительных операций, характеризуемых матрица K_μ . С другой стороны, на определение координат как в первый из сравниваемых моментов времени, так и во второй момент, необходимо некоторое время δt . Если смещения, произошедшие за это время, окажутся значимы, то появится специфический источник искажения информации («смаз изображения»). Так как адресная компонента содержит момент времени t , назовем его административным моментом, назначаемым по оговоренному правилу. Интервал времени δt - продолжительностью проведения измерений, очевидно, что δt должно лежать внутри t .

Геодезия должна рассматривать свои объекты изучения в динамике их развития. Следовательно, совокупность геодезической информации о состоянии объекта является отнесенной к оговоренному административному моменту t . При затягивании времени сбора информации, то есть промежутка времени, затраченный на измерения δt , то информация может быть еще и существенно искажена.

Сведение интервалов Δt к минимуму приводит к необходимости работы в режиме мониторинга, что выгодно для пользователя, но приводит к резкому увеличению затрат. Период δt также желательно свести к минимуму, но это сопряжено не только с экономическими затратами, но и с технологическими возможностями. Выбор технологии, в свою очередь, ограничен допустимыми затратами, так что необходимо искать компромисс, то есть оптимальное решение. Проиллюстрируем выше сказанное на рис. 4

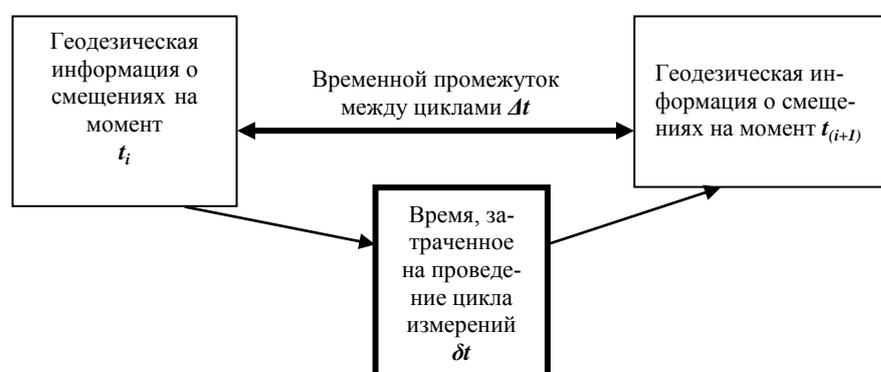


Рис.4

Целью мониторинга сооружения является получение обоснованного суждения о процессах f . (3), а целью геодезической составляющей этого мониторинга получение обоснованного суждения о кинематике изучаемого процесса, то есть о развитии процессов смещений элементов сооружений и изменения их формы.

Возвращаясь к рис. 1, на основании большого опыта, можно утверждать, что на практике причинами деформаций, а тем более катастроф сооружений, прослуживших несколько лет, очень редко оказывались ошибки, допущенные при проектировании на основании результатов доброкачественных изысканий. Подавляющее большинство значимых происшествий приходится на долю четырех причин:

- деградация строительных конструкций, приведшая к изменению несущей способности;
- деформации, приведшие к нарушению работы несущих конструкций (крены, внецентренные аномальные нагрузки и т.п.);
- аномальные нагрузки на основание, связанные, например, с точечной застройкой;
- деградация геологической среды, обусловленная аномальными условиями эксплуатации.

Перечисленные причины образуют целый класс работ по изучению деформаций урбанизированных территорий. Принципы оценки риска проявления негативных процессов и их влияния на нормальную работу сооружения очень похожи на рассмотренные выше, однако, желательно разделить всю поверхность исследуемой территории на участки, в пределах которых деформационные процессы имеют большое сходство по кинематическим признакам. Это важно, так как возможно наложение воздействия различных процессов. Задача районирования по кинематическим признакам приводит к необходимости использования специфических приемов.

В порядке обобщения [4], исходную полевую информацию, получаемую при изучении деформации, можно представить в виде некоторого набора трёх согласованных массивов – N_i имена или коды точек и их комбинации, β - результаты всех геодезических измерений, выполненных в поле и t – моменты получения значений, помещенных в массиве β . Негеодезическую информацию можно представить в виде массивов N_1 , φ и t_1 - имена или адреса точек, в которых определялись значения φ ; φ - числовые параметры, изменения которых могут рассматриваться как причины возникновения деформации; t_1 - моменты получения (определения) этих параметров.

В процессе традиционной математической обработки результатов натурных измерений получают:

- X, Y, H, T – адресную компоненту геодезической информации о деформациях, где X, Y, H , - координаты точки, смещения которой фиксируются, (эта же информация может содержаться в N – именах точек), T – условный момент (эпоха), к которому отнесена вся информация;

- Δ - вектор разности координат одноименных точек, содержащий численные значения смещений;

- K_Δ - Корреляционная матрица, характеризующая точность вычисленных элементов вектора Δ .

Будем различать две разновидности вектора Δ :

Δ_a - абсолютные смещения, вычисленные как разности координат, соответствующих мо-

менту T_o - момент выполнения начальной эпохи наблюдений и T_j - момент выполнения эпохи номера J .

$$\Delta a_j = X_j - X_o \quad (4.)$$

где X векторы, содержащие точные значения вычисленных координат, принадлежащие разным эпохам;

$\Delta t_{j,(j-1)}$ - текущие смещения, вычисленные как разности координат, соответствующих моменту T^j - момент выполнения эпохи номера J и $T^{(j-1)}$ - момент выполнения эпохи номера $J-1$.

$$\Delta t_{j,(j-1)} = X_j - X_{(j-1)} \quad (5.)$$

Отметим, что каждому из векторов Δa и Δt соответствует своя матрица K_{Δ} , эти матрицы в общем случае различны, они порождены ошибками измерений и последующей совместной обработкой полевых материалов β и вычислены по этим материалам (апостериорная оценка) или назначены, исходя из каких-то инженерных соображений (априорная оценка).

Отметим что, вектор Δa содержит сведения с учетом накопления, начиная с момента T_o , иногда можно встретить термин аккумуляционная характеристика. Под термином T_o понимается некоторый промежуток времени Δt , затраченный на проведение полевых работ, а само численное значение момента T_o имеет некоторый административный смысл - оно назначено. Вектор Δt не содержит сведений о предыстории развития процесса смещений.

Рассмотренные геодезические данные о деформациях по своей сути являются громоздкими таблицами, которые визуалью весьма трудно поддаются анализу, проводимому с целью выявления фактического состояния объекта и оценки тенденции развития процесса его деформирования в пространстве и во времени. В процессе такого анализа желательно выявить значимые на фоне ошибок величин $\Delta_{zn i}$

$$\Delta_{zn i} \leq t \sqrt{diag K_{\Delta i}} \quad (6.)$$

где i - номер деформационной марки, смещения которой рассматриваются, t - Нормирующий множитель. Если условие (2.3.) не выполнено, то можно говорить об аномальном смещении, подразумевая, что нарушение стабильности – аномалия.

Для решения задач анализа результатов наблюдений за деформациями необходимо представить сведения, содержащиеся в векторах Δ и K_{Δ} в некотором ином виде, удобном для осмысления. Речь идет о некоторых деформационных характеристиках, освещающих ту или иную сторону изучаемого процесса. В наиболее общем виде эти характеристики можно описать как некоторую матрицу K_{Δ}^* . В данном случае это символ, под которым можно понимать и корреляционные матрицы, характеризующие физическую корреляцию, то есть корреляцию физическими процессами или геометрической взаимообусловленностью смещений отдельных деформационных марок, или иные числовые характеристики и модели, иллюстрирующие ту или иную стороны этих связей. Когда речь идет об корреляционных матрицах, то в первую очередь мы говорим об автокорреляционной матрице $K_{\Delta,i,i}^*$.

$$K_{\Delta,i,i}^* = E\{\Delta^T \Delta\} \quad (7)$$

где $E\{\}$ обозначается усреднение в обычном смысле теории вероятности.

В случае оценки степени зависимости смещений от предполагаемых причин развития процесса деформации целесообразно говорить об $K_{\Delta\varphi'}^*$, где φ' - вектор численных характеристик параметров, рассматриваемых как гипотетические причины деформаций, сформированный путем преобразования содержания φ таким образом, что, можно, определит $K_{\Delta\varphi'}^*$.

$$K_{\Delta\varphi'}^* = E\{\Delta^T \varphi'\} \quad (8)$$

В рассматриваемом случае каждому элементу вектора $diag K^*_{\Delta}$ будет соответствовать адресная компонента X, Y, H и T или N и T . что позволит рассматривать распределение данных деформационных характеристик по топографической поверхности, то есть использовать элементы ГИС технологии.

Наиболее часто встречается на практике частный случай наблюдения за деформациями – изучение только вертикальной компоненты. Поэтому представляется целесообразным в качестве примера рассмотреть именно этот случай. В соответствии с рассмотренной структурной геодезической информации о деформациях будем оперировать Δa и Δt , представленными в форме каталогов, то есть упомянутых баз пространственно распределенных данных. Пусть каталоги сформированы так, как это показано на рис. (5).

Просматривая каталоги абсолютных осадок, трудно проследить накопление медленных смещений, небольших по модулю, но одинаковых по знаку. Зоны аномальных смещений можно оценить только весьма приблизительно, на интуитивном уровне. Просмотр абсолютных каталог смещений позволяет выявить аномальные смещения, накопившиеся с начала периода наблюдений, можно проследить закономерность этого накопления, но, так же как, и в первом случае трудно выявить пространственную, а тем более, временную локализацию систем таких знаков. То есть в обоих случаях трудно достоверно определить границу зоны аномальных смещений, что является одной из главных задач нашего анализа.

Выход из создавшегося положения, по нашему мнению, лежит в подборе такой деформационной характеристики, которая хорошо отображала бы интенсивность протекания процесса в данной точке. Такое решение нами рассмотрено в предыдущем разделе, однако, в данном случае предложим его к автокорреляционной матрице $K^*_{\Delta, i, i}$

Для определения численных значений деформационных характеристик, в качестве которых будем использовать элементы вектора $diag K^*_{\Delta}$ вовсе не обязательно определять всю матрицу $K^*_{\Delta, i, i}$ так как искомый вектор содержит дисперсии, вычисленные по столбцам или

строкам каталогов Δa и Δt , рассматриваемых в данном случае как прямоугольные матрицы. При выполнении анализа всегда удобно, чтобы анализируемые массивы, в данном случае – это элементы матриц Δa или Δt , и обобщающая их деформационная характеристика имели одинаковую размерность. Поэтому в данном случае в качестве деформационных характеристик используются элементы вектора средних квадратических смещений, усредненные по времени или по номеру деформационной марки, то есть за весь период наблюдений. Введем обозначение для оговоренной характеристики D , для выделения разновидностей этих характеристик будем использовать индексы.

Для деформационной характеристики данного пункта, усредненной за все время наблюдений, будем иметь $D\Delta a$

Для деформационной характеристики состояния всего объекта на данную эпоху, то есть усредненной по всем деформационным маркам на момент t , будем иметь $D\Delta t$

В обобщенном виде суть предлагаемой технологии проиллюстрирована на рис 5.

Для более уверенного решения перечисленных проблем необходимо найти такую численную характеристику, которая обобщала бы все определения смещений в данной точке наблюдений. В этом случае каждой точке наблюдений будут соответствовать три числа: две плановые координаты и упомянутая численная характеристика. В качестве искомой характеристики можно предложить дисперсию, то есть центральный статистический момент второго порядка.

При реализации этого предложения необходимо в качестве вектора, характеризующего дисперсией, использовать некий случайный вектор, отвечающий двум условиям:

– Вектор должно быть можно рассматривать как некоторый подвектор, являющийся частью обобщенного вектора, элементы которого подчинялись бы нормальному закону распределения.

- Вектор должен содержать всю совокупность численных характеристик, описывающих смещения именно данной точки.

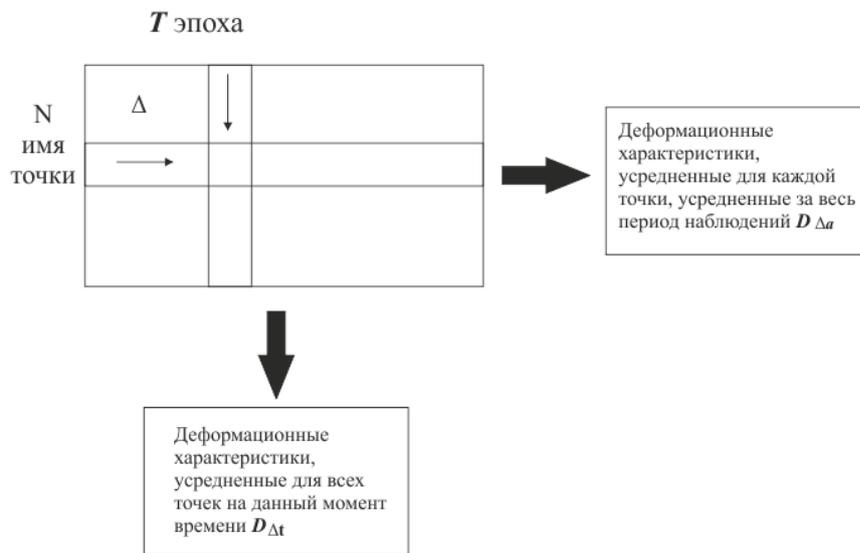


Рис. 5

Очевидно, что этим условиям в наибольшей степени удовлетворяется вектор текущих осадок. Действительно, вся совокупность чисел, описывающая все текущие осадки всех точек и за весь период наблюдений, будет подчиняться нормальному закону распределения в силу действия предельных теорем. Выбранная совокупность численных характеристик полностью описывается смещения, произошедшие в данной точке. Можно еще одну такую характеристику, это скорости осадок, вычисленные за, промежуток времени, прошедшие между циклами наблюдений, однако, у этой характеристики есть два свойства, которые заставили нас воздержаться от ее использования:

- трудно говорить о более и менее точном значении отрезка времени, прошедшего между циклами, так как выполнение цикла измерения иногда затягивается на несколько недель;
- использование скоростей заставит нас делать еще один шаг анализа для того, чтобы вернуться к нормативным требованиям.

Описанная технология неоднократно была применена нами при анализе архивных материалов по изучению деформационных процессов, так как этот приём хорошо зарекомендовал себя и дал интересные суждения, он был применен нами вновь.

Анализируемый временной ряд содержит численные значения средних квадратических осадок всех деформационных марок. Данные отнесены к некоторому административному моменту, то есть протяженность работ в каждом цикле игнорируется. Если за время, прошедшее между двумя упомянутыми административными моментами, на объекте сохранялось «относительное деформационное спокойствие», то эта характеристика будет иметь минимальное значение и, по своей сути, будет косвенной оценкой точности определения текущих осадок. В этом же качестве можно рассматривать среднее арифметическое значение характеристик, подсчитанное по всему ряду. Если за рассматриваемый период имели место деформационные события, то предлагаемая характеристика позволит судить об их суммарном воздействии.

На рис. 6 приведены диаграммы, позволяющие оценить интенсивность развития деформационных процессов в различные промежутки времени.

В левой части диаграммы видны три пика, соответствующие времени возведения Кремлевского дворца съездов. Отметим, что Соборная площадь, для объектов которой построена эта диаграмма отстоит от места строительства на несколько сот метров.

Возвратимся к рис.5. В предыдущих разделах нами рассмотрены результаты анализа данных геодезических измерений по численным значениям деформационных характеристик, полученных путем среднеквадратического осреднения текущих осадок для каждого цикла.

Настало время рассмотреть вторую ветвь описанной ранее технологии. В соответствие с рис.5 возможно получение деформационных характеристик путем среднеквадратического осреднения текущих осадок для каждой марки, но за весь период наблюдений. В результате осреднения упомянутых временных рядов получатся пространственно распределенные данные, то есть каждой деформационной характеристике в соответствие поставлены ее координаты. Суть анализа сводится к визуализации пространственного распределения численных характеристик по территории исследуемого объекта, то есть на топографической подложке.

Интенсивность вертикальных смещений на территории Кремля

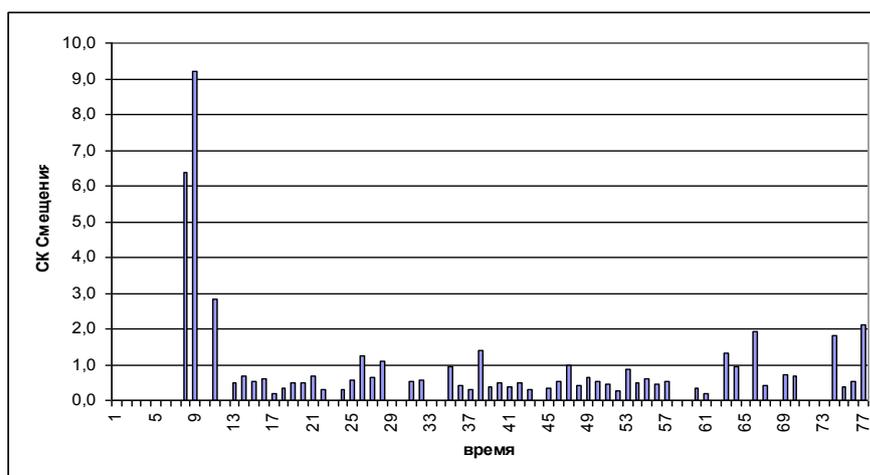


Рис.6

Эту операцию удобно сделать путем построения изолиний равных значений деформационных характеристик. Если данная группа осадочных марок расположена на стабильном участке, то изолинии, построенные для данной территории, будут редкими и, как правило, иметь сглаженный вид. Если же, наоборот, данная группа осадочных марок расположена на активном, мобильном участке, то с возрастанием степени активности протекания деформационных процессов, будет возрастать и плотность изолиний. Эти сгустки будут покрывать весь активный участок.

Рассмотрим описанные технологические приемы применительно к участку территории г. Москвы, примыкающей к большому котловану. В процессе строительства по причинам недофинансирования пришлось после сооружения котлована прекратить на время строительные работы, в результате чего оказался нарушен гидрогеологический режим и начаты работы по водопонижению, что усугубило ситуацию.

На рис.7 приведена схема котлована и в виде изолиний показаны среднеквадратические значения вертикальных смещений.

Для более подробного рассмотрения изменения объекта во времени можно воспользоваться методом построения пространственно-временных диаграмм. Эти диаграммы строятся следующим образом. По горизонтальной оси в условном масштабе откладываются расстояния между деформационными марками по выбранному сечению. По второй координате откладываются моменты проведения циклов наблюдений. Каждому узлу полученной сетки в соответствие ставится значения смещений, накопившихся с момента начала наблюдений. По полученным данным строятся изолинии равных смещений. На рис.8 представлена пространственно-временная диаграмма для сечения а-а (см. рис. 7). На рис 9 представлена аналогичная диаграмма для сечения б-б.

В процессе строительства, после вскрытия и облицовки котлована, произошел сбой в финансировании работ, строительные работы были приостановлены более чем на год. В результате начались аномальные осадки.

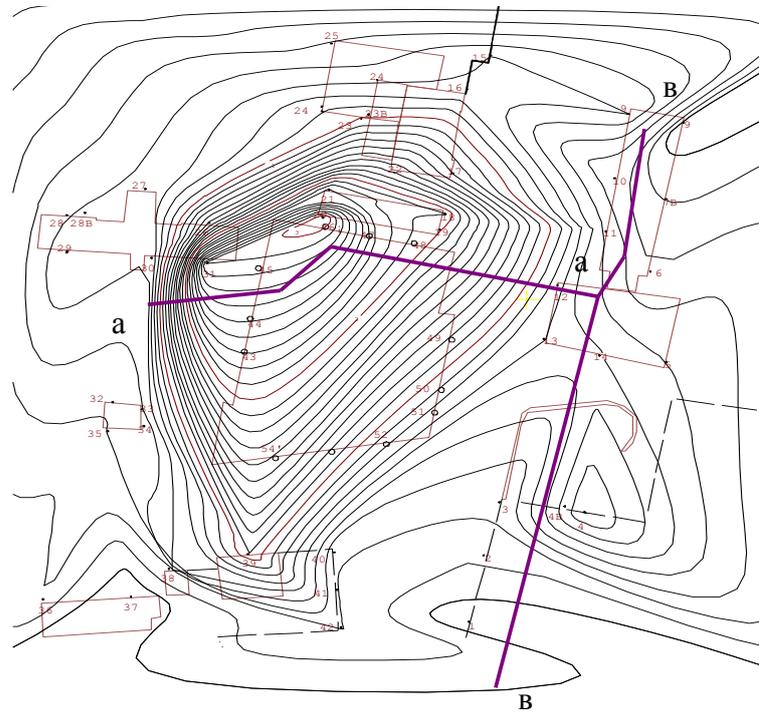


Рис.7 Схема изолиний равных значений среднеквадратических значений осадок

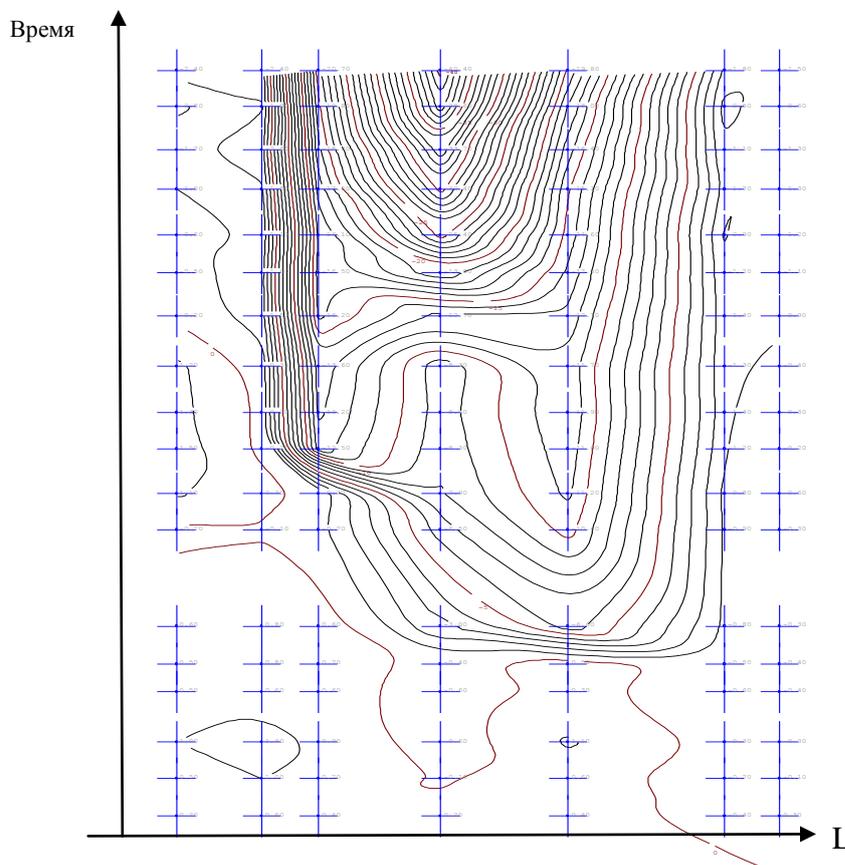


Рис.8 Сечение а-а.

На пространственно-временной диаграмме видно, что процесс оседания проходил в несколько стадий:

1. Первый период котлован никак не реагировал на нарушение процесса производства работ.
2. Произошло скачкообразное оседание в центральной части котлована.
3. Процесс начал развиваться в сторону продольных стенок.
4. Произошло резкое оседание по левой стенке (см. рис.7)
5. Произошло выпучивание в центре котлована.
6. Выпучивание сменилось плавным оседанием.

На рис 9 . Показано сечение в-в, проходящее по торцевым стенам жилых домов. Облицовочный кирпич на этих стенах отслоился от несущих конструкций. Сами стены начали совершать хаотическое вертикальное колебание. Периоды сжатия сменялись растяжением. Всего зафиксировано 6 таких циклов, которые никак не совпадают с сезонными колебаниями. В правой и левой части диаграммы видны специфические срывы изображения, что свидетельствует о том, что зона активных деформаций оказалась больше территории, на которой были предусмотрены геодезические наблюдения.

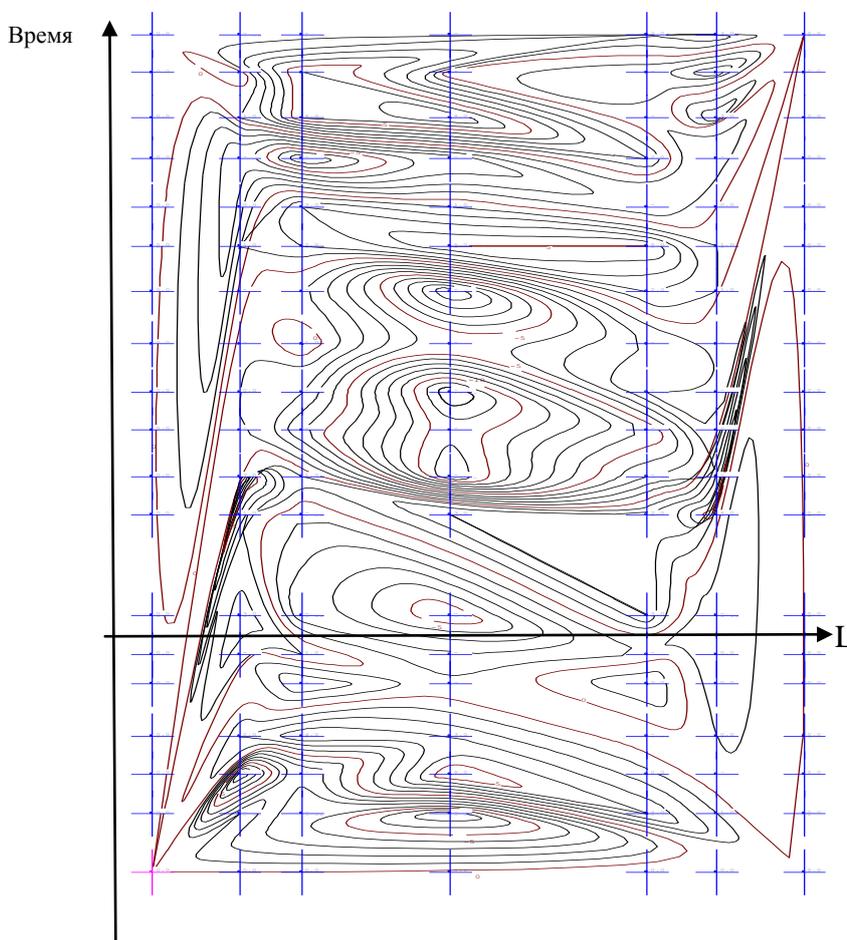


Рис 9 . Сечение в-в

Диаграмма, показанная на рис. 9 специфична для весьма опасного индуцированного процесса, известного как суперинтенсивные деформации (СД-процессы) [1]. Такие процессы были инструментально выявлены при строительстве рекреационно-торгового комплекса на Манежной площади в г. Москва [10].

В связи с новизной понятия “СД-процесс” для широкого круга специалистов представляется необходимым рассмотреть существо этого явления. К настоящему моменту сформу-

лированы новые представления о современном геодинамическом состоянии земных недр. Имеют место современные деформации земной поверхности со скоростями до 50-70мм/год и более, приуроченные к зонам тектонических нарушений, (разломы и разрывы различного типа и порядка). При этом наиболее неожиданный вывод заключается в том, что наибольшая интенсивность геодинамических аномалий наблюдается в зонах платформенных, асейсмических разломов. Этот вывод позволяет рассматривать СД-процессы как некоторую аномалию по отношению к сложившимся ранее представлениям о современном геодинамическом режиме платформенных регионов. Обсуждаемые аномалии короткопериодичны (от 0.01 года до первых лет), пространственно локализованы (от 0.01 км до первых десятков км.) и обладают пульсационной и знакопеременной направленностью. В качестве причин, порождающих СД, выступают процессы, протекающие в внутри самих зон разломов.

Из основ классической механики следует, что вывод механической системы из состояния равновесия возможен двумя путями: либо за счет внешнего, силового воздействия, либо за счет изменения внутренних параметров системы. Физико-механические свойства горных пород, слагающих верхние слои земной коры, существенно зависят от флюидодинамических процессов, отличаются повышенными емкостными характеристиками и пониженными параметрами жесткости и прочности в разломных зонах и т.п. Эти особенности способствуют формированию локально-неоднородных, нестабильных во времени полей напряженности. Можно полагать, что возникновение СД непосредственно не вызвано временным ходом региональных изменений (внешнего по отношению к объему среды, контролируемому системой наблюдений) поля напряжений, а обусловлено изменением параметров среды (модуль жесткости, коэффициент трения и т.п.) внутри самих разломных зон, которые можно рассматривать как параметрические деформации земной коры [2]

На рис.10 показано распределение аномальных смещений на примере одной из двух фаз СД-процесса (сжатие-растяжение). Во второй фазе картина смещений просто сменит знак на противоположный.

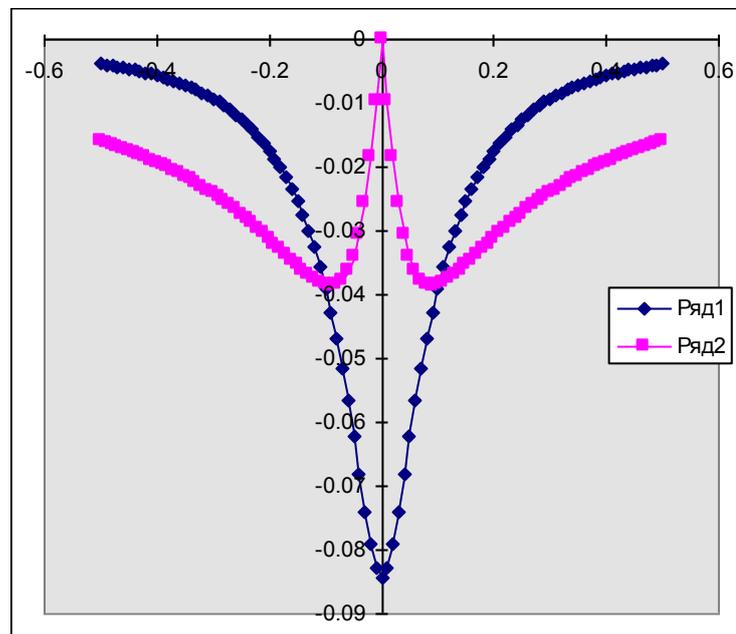


Рис.10

На рис 10 по горизонтальной оси отложены отстояния от оси разломной зоны в км, а по вертикальной оси - смещения в см. Ряд 1 характеризует вертикальные смещения, а ряд 2 - горизонтальные.

Приведенное распределение вертикальных и горизонтальных смещений приповерхностного слоя геологического основания определено для модели среды, содержащей активизированный фрагмент зоны разлома. Из рисунка видно, что распределение горизонтальных смещений имеет такую конфигурацию, что внутри зоны разлома ближайшая к нему

точка будет иметь меньшую амплитуду, чем отстоящая дальше. Таким образом, если имеет место активизация СД-процессов в районе р. Неглинки, то их деформационное влияние будет больше для первого пути, чем для второго.

Целью анализа данных натуральных геодезических измерений являлась оценка деформационных характеристик эксплуатируемых тоннелей в плане. В процессе работы были получены аномальные, по сравнению с предрасчетными, смещения обделки тоннелей: величины горизонтальных смещений превосходили ожидаемые более чем в два раза и имели знакопеременный характер. Наибольшие смещения зафиксированы на тоннеле Сокольнической линии. Среднее смещение составило 12,8 мм в сторону котлована. При этом обращает на себя внимание наличие знакопеременной составляющей. Ситуация иллюстрируется рис. 11.

смещения тоннеля к котловану

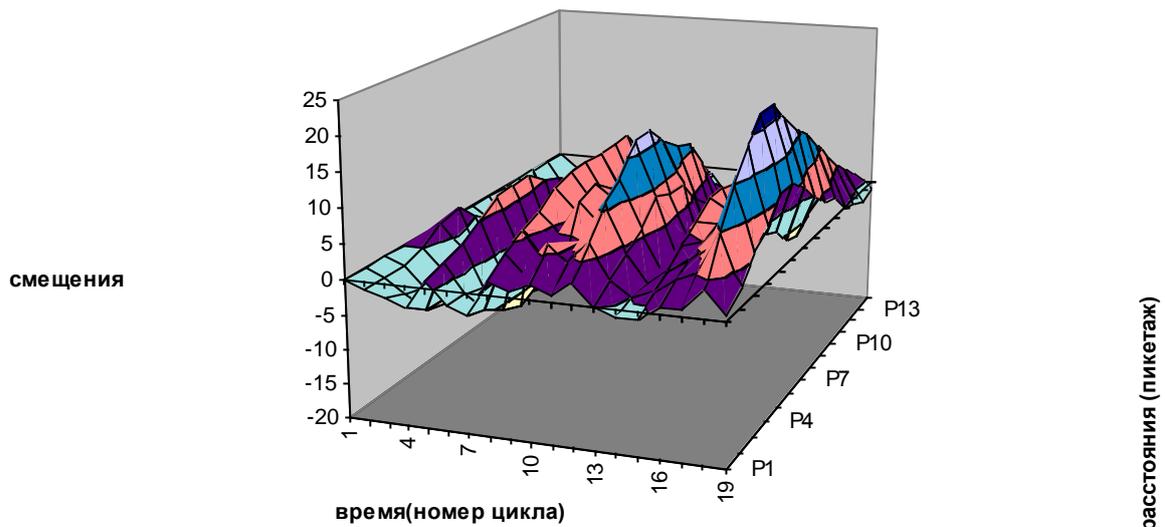


Рис.11

Наряду с прогибами в сторону котлована, приходящимися на участок, расположенный в непосредственной близости от стенки в грунте, оконтуривающей котлован, необходимо отметить возвратные движения. Это явление невозможно объяснить статическим давлением грунта. Сами величины более чем в 4 раза превосходят СКО своего определения.

Единственной из известных причин движения тоннеля в сторону, противоположенную давлению грунта, могут быть СД-процессы. Остановимся на проверке этой гипотезы. Для этого построим диаграмму смещений, отнесенных (центрированных) среднему смещению в несколько иной форме, удобной для детального рассмотрения развития процесса смещений во времени (рис.12).

На рис.12 по горизонтальной оси отложено время (номер цикла), а по вертикальной оси - смещения, причем каждому реперу в соответствие поставлен столбик. На диаграмме хорошо просматриваются спорадические знакопеременные смещения, длительность которых составляет примерно 1-3 месяца. Естественно, что это явление наиболее ярко проявляется на участке максимально приближенном к котловану и замедляется по мере удаления от него. Тем не менее, можно утверждать, что активный участок превосходит размеры котлована и значительно простирается за линию фасада Манежа и гостиницы “Москва”, то есть в не очень потревоженные строительством массивы.

Необходимо отметить, что наиболее волнующий фактор, отражающий прогиб тоннеля к котловану, описывается нулевой гармоникой, график распределения этих амплитуд для различных реперов представлен отдельно на рис.13.

Численные значения смещений примерно в 1,6 раза превосходят расчетные, их максимум приходится на точки, практически примыкающие к котловану, все смещения направлены к

котловану. Среднее значение по участку тоннеля практически точно соответствует расчетному и составляет 24,6 мм.

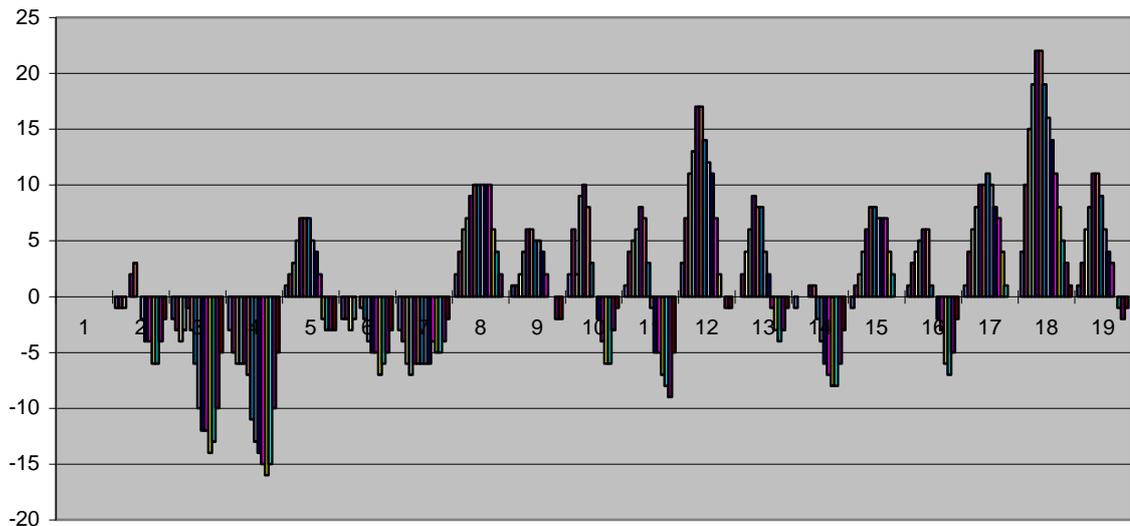


Рис.12

амплитуды нулевой гармоники

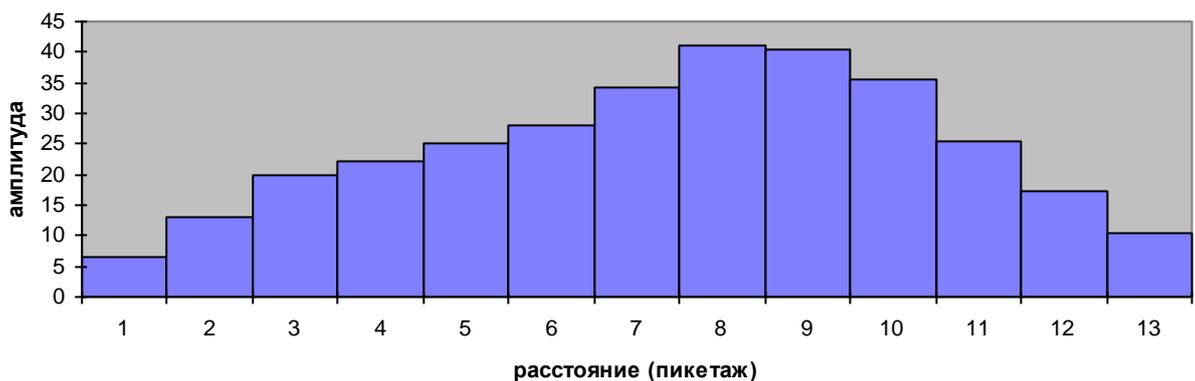


Рис.13

При рассмотрении спектрального представления смещений обратим особое внимание на первую и вторую гармоники, отражающие влияние годового и сезонного цикла изменений внешних условий (рис.14). Первая гармоника может быть рассмотрена как характеристика влияния годового хода температур. Хотя амплитуда этой гармоники значима только в середине участка, да и то с вероятностью порядка 65%, тем не менее, можно говорить о вкладе этого фактора в горизонтальные смещения тоннеля.

При рассмотрении спектрального представления смещений обратим особое внимание на первую и вторую гармоники, отражающие влияние годового и сезонного цикла изменений внешних условий. Первая гармоника может быть рассмотрена как характеристика влияния годового хода температур. Хотя амплитуда этой гармоники значима только в середине участка, да и то с вероятностью порядка 65%, тем не менее, можно говорить о вкладе этого фактора в горизонтальные смещения тоннеля.

Вторую гармонику можно рассматривать как отражение сезонного хода влагонасыщенности грунта в результате впитывания атмосферных осадков. До вскрытия котлована атмосферные осадки не попадали на грунт. Снятие дорожных одежд сделало этот процесс значимой с вероятностью примерно 65% причиной знакопеременных смещений. Однако эти составляющие

не являются превалирующими. Максимальный вклад приходится на четвертую, пятую, шестую и седьмую гармоники.

Обращает на себя внимание тот факт, что для распределения амплитуд этих гармоник вдоль профиля характерен провал в районе знаков С-17 и С-19, то есть как раз в том месте, где начинается ветка, соединяющая Сокольническую и Филевскую линии. Эта ветка пересекает исследуемый тоннель поверху. Здесь же расположен забетонированный ствол. Третья-шестая гармоники, периоды которых лежат в промежутке от 4 до 1,5 месяцев, как раз приходятся на временной интервал, специфический для СД-процессов. Восьмая гармоника соответствует затуханию процесса. Отметим, что не существует естественных процессов с подобными спектральными характеристиками.

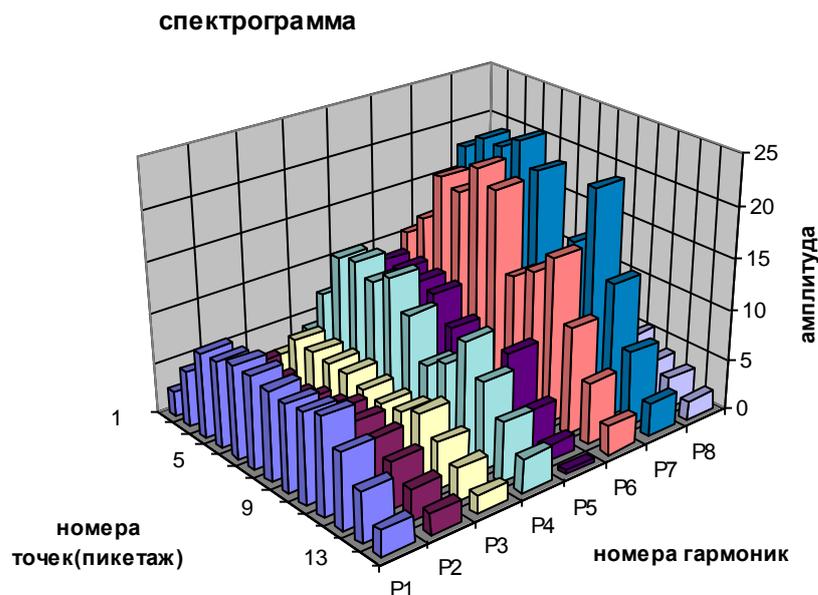


Рис.14

При наблюдении за плановыми смещениями здания Оружейной палаты, расположенной на территории Кремля, но ниже по течению р. Неглинка. Выявлен интересный факт годового хода фасада, обращенного в стороны р. Москвы (рис. 15).

Концы векторы смещений практически описывают замкнутую кривую. Максимум смещений направлен вдоль р. Москвы, но перпендикулярно р. Неглинка. Можно предположить, что и здесь нами выявлены СД-процессы.

Библиографический список

1. Кузмин Ю.О. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов // Геологическое изучение и использования недр// Н-т сборник «Геоинформмарк», М., 1996г, Вып. №4, стр 43.
2. Fedoseev J.E. Technology of all deformation researches. Poster of reports IAG regional symposium on deformation and crystal movement investigations using geodetic techniques. Hungari 1996.
3. Федосеев Ю.Е., Попова Е.А Общие принципы наблюдений за кренами плоских элементов сооружений. // Известия вузов «Геодезия и Аэрофотосъемка» М., МИИГАиК №1-2, 1996 г.
4. Федосеев Ю.Е., Хоанг Нгок Лам. Новая технология оценки формы и динамики развития мурьд по результатам наземных измерений. // Автоматизированные технологии CREDO N1, Минск, 2000.

5. Федосеев Ю.Е. Технологическая схема геодезических наблюдений за деформациями природных и инженерных объектов. // Известия вузов «Геодезия и Аэрофотосъемка» М., МИИГАиК №3, 1989
6. Зубарев А.Э. Лобазов В.Я Федосеев Ю.Е., Шкурко В.М.. Исследование особенностей накопления ошибок измерений при создании высокоточных сетей с использованием электронных нивелиров. Сборник статей по итогам научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 229-летию МИИГАиК, Москва. 2008г.
7. Михайлович К. Геодезия. Перевод с сербско-хорватского С.В. Лебедева, под редакцией В.Д. Большакова. - М.: Недра, 1984.-448 с.
8. ГОСТ 24846-81 Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений.
9. Федосеев Ю.Е. Прогнозирование места появления трещин в строительных конструкциях по геодезическим данным. Сб. «Теоретические и экспериментальные исследования мостов» Омск, СИБАДИ, 1980г.
10. Власенко Е.П., Кузьмин Ю.О., Федосеев Ю.Е. Оценка влияния современных геодинамических процессов на деформации тоннелей Московского метрополитена в зоне ведения земляных работ. Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования. Вып. II, М., 1998г.
11. Кузьмин Ю.О. Механизм формирования современной геодинамической активности разломных зон, Труды Международного симпозиума КАПГ по изучению современных движений земной коры. Воронеж, 1988г. с. 163-166.



МЕТОД БЕЗОПОРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ REFERENCE-FREE METHOD FOR GEODETIC MEASUREMENTS

УДК 528.48

Кухта А.В.

*Московский Государственный Строительный Университет, кафедра «Инженерная геодезия»,
Научно-исследовательская и проектно-производственная лаборатория «Проектирование и
конструирование» МГСУ,*

Фрязинское отделение Института радиотехники и электроники РАН,

Kukhta A.V.

Moscow State University of Civil Engineering, Engineering Geodesy Department.

MSUSE Research-and-Development Production Laboratory "Design and Construction",

Institute of Radio-engineering and Electronics of the Russian Academy of Sciences, Fryazino

Аннотация:

В статье изложен метод безопорных геодезических наблюдений. Предлагаемый метод основан на представлении об объекте наблюдений как о совокупности маркированных точек, при этом целью наблюдений является контроль взаимного расположения этих точек. Особенность метода состоит в том, что система опорных точек назначается не на стадии измерений, а на этапе анализа результатов измерений и в зависимости от целей конкретного анализа. В статье рассмотрен алгоритм реализации и некоторые математические аспекты предлагаемого метода.

Summary:

The article describes the reference-free method for geodetic observations. The suggested method is based on the representation of the observed object as a set of bulleted points, where the observation purpose is to control the relative position of these points. A special feature of the method is the fact that the system of reference points is not assigned at the measurement stage, but it is assigned at the stage of the analysis of measurement results depending on the purpose of the certain analysis. The article describes the algorithm implementation procedure as well as some mathematical aspects of the method.

Ключевые слова:

Геодезические наблюдения, контролируемые точки, опорные точки, система координат, математический аспект, строительный объект.

Key words:

Geodetic observations, target points, network (reference) points, coordinates system (system of reference), mathematical aspects, construction site (facility).

Одним из этапов организации геодезических наблюдений является выбор опорных точек на существующих объектах или установка специальных геодезических знаков, которые могут быть использованы в качестве опорных точек. Наличие опорных точек позволяет при правильном их выборе и соответствующей обработке данных измерений обеспечить высокую точность определения изменения координат контролируемых точек.

Однако в ряде случаев такой подход к организации геодезических наблюдений оказывается технически невозможным и/или экономически нецелесообразным. В качестве примера можно привести задачу контроля состояния реконструируемого объекта в условиях масштабных работ в его окрестностях. Другим примером может быть задача наблюдения за геометрическими параметрами внутренних конструкций сооружения при отсутствии в зоне доступности заведомо неподвижных точек. И в том, и в другом случае организация опорной сети оказывается весьма затруднительной, если вообще осуществимой. Дополнительные проблемы при геодезических измерениях возникают в том случае, когда невозможно обеспечить неизменность точки стояния измерительного прибора при проведении разных циклов измерений. При наличии опорной сети координаты точки стояния могут корректироваться методом обратных засечек, но при ее отсутствии необходимо искать иные методы организации измерений и принципы обработки их результатов.

Предлагаемый ниже метод, который называется далее для определенности методом безопорных геодезических наблюдений или методом БГН, не предусматривает развертывания опорной геодезической сети и применим в том случае, когда от цикла к циклу координаты точки стояния измерительного прибора изменяется.

Предположим, что в результате проведения двух циклов измерений C_1 и C_2 получены два массива координат, контролируемых точек строительного объекта. Выбранные для контроля точки выделяются на строительном объекте закреплением отражательных марок или иным способом. Каждый из массивов описывает геометрические параметры строительного объекта через координаты точек, выбранных для наблюдения. Таким образом, в действительности объектом геодезических наблюдений является геометрический объект, представляющий собой совокупность контролируемых точек. Суть метода безопорных геодезических наблюдений (метод БГН) состоит в следующем:

- при проведении каждого цикла измерений используется собственная система координат, неизменная в течение данного цикла;
- выбор опорных точек осуществляется на этапе анализа, при этом в зависимости от целей текущего анализа могут выбираться разные совокупности опорных точек; для того, чтобы избежать путаницы, далее по тексту будем называть опорные точки, выбираемые на этапе анализа, *базовыми опорными* точками или просто *базовыми* точками;
- после выбора совокупности базовых точек отыскивается преобразование координат, которое обеспечивает наилучшее, в заданном смысле, совмещение одноименных базовых точек анализируемых циклов и вычисляется значение параметра совмещения;
- на основе заданного статистического критерия и с учетом значения параметра совмещения оценивается «качество» выбранной совокупности базовых точек, и при необходимости состав базовых точек корректируется;
- найденное преобразование координат применяется ко всем контролируемым точкам;
- разности координат одноименных точек характеризуют смещения контролируемых точек за период между циклами измерений.

Таким образом, основной особенностью предлагаемого метода является принципиальное отсутствие на этапе измерения выделенных (опорных) точек. Все точки, включая точку стояния измерительного прибора, являются равноправными. Выбор системы координат в этой ситуации становится формальной процедурой и определяется, главным образом, соображениями удобства. Существенным обстоятельством является неизменность координат контролируемых точек, а также точки стояния измерительного прибора за время проведения цикла измерений. Проверке справедливости такого предположения следует уделять особое внимание.

Рассмотрим более подробно математический аспект предлагаемого метода. Пусть в результате двух циклов измерений, проведенных через промежуток времени T получены два массива координат контролируемых точек $C_1 = \{X_{1i}, Y_{1i}, Z_{1i}\}$ и $C_2 = \{X_{2i}, Y_{2i}, Z_{2i}\}$. Предположим, что в качестве массива базовых точек выбран массив $C_{12} = \{X_{1k}, X_{2k}, Y_{1k}, Y_{2k}, Z_{1k}, Z_{2k}\}$, состоящий из $2K$ точек. В качестве параметра совмещения выберем среднее расстояние между одноименными базовыми точками, $L = 1/K \sum L_k$, где

$$L_k = \sqrt{X_{2k} - X_{1k}^2 + Y_{2k} - Y_{1k}^2 + (Z_{2k} - Z_{1k})^2}.$$

Пусть преобразование координат, описываемое оператором A , минимизирует значение L .

Для множества $L = \{L_k\}$, полученного в результате минимизации L , могут быть получены такие его статистические характеристики, как выборочная дисперсия $D L_k$ среднеквадратичное отклонение $S L_k$, асимметрия $A L_k$ и эксцесс $E L_k$:

$$D(L_k) = 1/K \sum (L_k - L)^2 (K-1);$$

$$S L_k = \sqrt{D(L_k)}; A L_k = 1/K \sum 3(L_k - L)^3 / L^3; E L_k = 1/K \sum 4(L_k - L)^4 / L^4 - 3.$$

Считая L_k случайной величиной, можно построить гистограмму распределения для этой величины. На основе сравнения с полученной гистограммой выбирается наиболее подходящий теоретический вид распределения. Для оценки правильности подбора теоретического распределения используется тот или иной критерий согласия.

После выбора теоретического распределения появляется возможность выделить точки, смещения которых нельзя считать принадлежащими выбранной статистике, и которые, по этой причине, не следует использовать в качестве базовых. Такие точки подлежат отбраковке, а описанная процедура повторяется еще раз. Детальный анализ статистических характеристик величины L_k может дать дополнительную информацию об особенностях выбранных базовых точек, например, о совместном смещении групп точек.

Если при соответствующем выборе множества C_2 все выбранные точки множества $L = \{L_k\}$ могут быть описаны единой статистикой, характеризующейся нормальным распределением, то, определенные в рамках этой статистики стандартное отклонение S_{Lk} , следует сравнить с паспортной точностью измерительного прибора или с оценкой точности измерений, принимаемой для данного эксперимента. Если $S(L_k) < S_0$, то в пределах точности измерений можно считать, что конфигурация выбранных базовых точек остается неизменной (точки смещаются как единое целое). Применив преобразование A ко всему множеству C_2 контролируемых точек, получим множество $CP = \{X_{Pi}, Y_{Pi}, Z_{Pi}\}$. Вычисляя смещения $\Delta X = X_{Pi} - X_{1i}$, $\Delta Y = Y_{Pi} - Y_{1i}$ и $\Delta Z = Z_{Pi} - Z_{1i}$ можно получить информацию о перемещениях контролируемых точек конструкции в системе координат, связанной с выбранными базовыми точками за промежуток времени T .

Выбор в качестве параметра совмещения среднего расстояния между одноименными базовыми точками не является единственно возможным. Исходя из особенностей задач анализа, в качестве параметра совмещения могут быть выбраны и другие величины. Так, например, большой интерес представляет выбор в качестве параметра совмещения коэффициента кросс корреляции для массивов одноименных базовых точек, а также анализ кросс корреляции для полных массивов C_1 и C_2 .



ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД, КАК ПРЕДПОСЫЛКА К ПОСЛЕДУЮЩЕМУ ИХ МОНИТОРИНГУ

INSPECTION OF STRUCTURAL UNITS OF BUILDINGS AND STRUCTURES OPERATING IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS AS A PREREQUISITE FOR SUBSEQUENT MONITORING THEREOF

УДК 624.071.2

Михайлов В.В., доктор технических наук, профессор,

Колобанов А.С. кандидат технических наук,

Федеральное государственное образовательное

бюджетное учреждение

«Липецкий государственный технический университет»

Mikhailov V.V.

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Kolobanov A.S.

Candidate of Technical Sciences

Federal State Budget-Funded Educational Institution Lipetsk State Technical University

Аннотация

В данной статье приводятся этапы экспертизы строительных конструкций зданий и сооружений, а также характерные дефекты и повреждения конструкций покрытия, эксплуатирующихся в цехах прокатного производства ОАО «НЛМК». Выполнен анализ статистической информации о состоянии профилированного листа покрытия, работающего на наиболее агрессивных участках цеха.

Summary

The article covers the stages of technical examination as well as the characteristic defects and damages of the roof constructions, which are used the shops of the rolling Mill at OJSC Novolipetsk Steel. The analysis of the statistical information on a condition of the shaped steel of the roof operated in the most aggressive environment of the shop is carried out.

Ключевые слова:

Обследование зданий и сооружений, остаточный ресурс, агрессивная среда, стендовые испытания, конструкции покрытия, скорость коррозии

Key words:

Examination of buildings and constructions, a remaining life expectancy, aggressive environment, bench tests, roof constructions, corrosion ratio.

Надежная и безопасная работа строительных конструкций зданий и сооружений может обеспечиваться только при своевременном проведении технического диагностирования, основанного на использовании современных методов оценки состояния строительных конструкций, методик и средств неразрушающего контроля, которые необходимо применять на стадии эксплуатации для достоверного прогнозирования срока службы того или иного конструктивного элемента.

В настоящее время повышению долговечности и надежности зданий и сооружений, а также периодической технической диагностике уделяют особое внимание. Произошедшие за последнее время аварии зданий и сооружений с большим количеством человеческих жертв (один из примеров: авария на Саяно-Шушенской ГЭС, случившаяся 17 августа 2009 г.), накладывают определенные обязательства как на эксплуатационников, так и на проектировщиков. Особенно это актуально для зданий и сооружений, работающих в условиях агрессивных газозвудушных сред. Поэтому целью данной работы являлось, выяснение закономерностей появления дефектов и повреждений, как предпосылка для разработки методов мониторинга строительных конструкций в условиях агрессивных газозвудушных сред.

Оценка технического состояния конструкций зданий и сооружений проводится в несколько этапов:

Подготовительные работы:

- ознакомление с объектом обследования, его объемно-планировочным и конструктивным решением. Составление методики работ на основе полученного от заказчика технического задания. Изучение имеющейся проектно-технической документации, а также, если имеется, результатов ранее проведенных обследований.

Предварительное (визуальное) обследование:

- визуальное обследование конструкций, визуальное выявление дефектов и повреждений по внешним признакам с необходимыми замерами и их фиксацией. Обмер геометрических характеристик конструкции.

Детальное (инструментальное) обследование:

- определение расчетной схемы зданий, усилий в конструкциях, а также характеристик материалов несущих конструкций, воспринимающих эксплуатационные нагрузки.

Инструментальное определение параметров дефектов и повреждений:

- проводится детальное техническое освидетельствование состояния конструкций с последующим анализом и статистической обработкой результатов освидетельствования.

- выявляются характерные дефекты и повреждения.

- производится камеральная обработка и анализ причин появления дефектов и повреждений.

- производится измерения параметров агрессивности технологической среды, а также определения параметра скорости коррозии:

– замер газовой среды;

– проведение натуральных (стендовых) испытаний.

Для определения скорости коррозии применяется метод стендовых испытаний, который заключается в следующем. Образцы, в виде пластин, взвешиваются (аналитические весы) и закрепляются в стендах, которые размещаются в уровне конструкций покрытия в различных местах.

Через установленные интервалы времени из стендов вынимают образцы. С поверхности образцов химически удаляют продукты коррозии. После каждого цикла образцы взвешивают. По результатам обработки данных определяют начальную скорость коррозии металла в производственных условиях.

Рассмотрим данную методику на примере. В нашем регионе представитель такого производства - комбинат ОАО «НЛМК», а именно – цеха холодного проката, от которых зависит рентабельность всего предприятия в целом. Объектом исследований выступают цеха холодного проката ПХПП, ПДС, ПТС.

В ходе работы выявлялись характерные дефекты и повреждения конструкций покрытия, уровень произведенных строительно-монтажных и ремонтных работ, а так же степень антикоррозионной защиты.



Рис. 1 - Характерное нарушение правил проведения строительно-монтажных работ



Рис. 2 - Деформированный участок профилированного настила

Так, например, характерным примером нарушения правил проведения ремонтных работ являлось размещение и складирование в неустановленных ППР местах на кровле материалов, оборудования и демонтированных конструкций, носящее ограниченный локальный характер, что приводило к деформации профилированного листа. На рис. 1 показано характерное нарушение правил при выполнении строительно-монтажных работ.

На рис. 2 представлен характер деформации профнастила под действием локальной не-проектной нагрузки.

Для профилированного настила различные технологические нарушения при укладке, неплотности прилегания листов интенсифицируют процесс развития коррозии. На рис. 3 изображен участок покрытия с характерным разрушением настила вследствие различных отклонений от правил при его укладке. Если по каким-либо причинам профилированный настил перестает удовлетворять условиям первого или второго предельного состояний, то его чаще всего заменяют.



Рис. 3 - Укладка настила без нахлестки



Рис. 4 - Состояние профилированного настила, эксплуатирующегося в травильном отделении

При определении степени коррозионного износа конструкций покрытия, оценивалось состояние антикоррозионной защиты, наличие дефектов и повреждений профилированного листа, вид дефектов и относительная площадь участков с коррозионными повреждениями. В местах, поврежденных коррозией, устанавливался характер коррозионного разрушения металла, и измерялась глубина проникновения коррозии. Технология проката стали в цехах ПХПП и ПДС во многом схожа, и травление производится соляной кислотой. В травильном отделении этих цехов при концентрации хлороводорода до $11,0 \text{ мг/м}^3$ и относительной влажности 65-70% в уровне конструкций покрытия наблюдалось значительное коррозионное разрушение на поверхности всех конструкций. На рис.4 показано состояние конструкций покрытия эксплуатирующихся в травильном отделении цеха ПХПП и ПДС.

Травление в цехе ПТС производится серной кислотой, и коррозионные разрушения в данном цехе имеют разнообразный вид. При эксплуатации железобетонных плит характер повреждения может носить внезапный катастрофический характер. На рисунке 5 показано обрушение плиты покрытия, имевшей производственный дефект после 15 лет эксплуатации.



Рис. 5 Обрушение плиты покрытия

На рис.6-7 показаны гистограммы, на которых приведено количественное сравнение обследуемых участков и участков, требующих замены, вследствие коррозионных разрушений в зданиях цехов холодного проката ОАО «НЛМК».

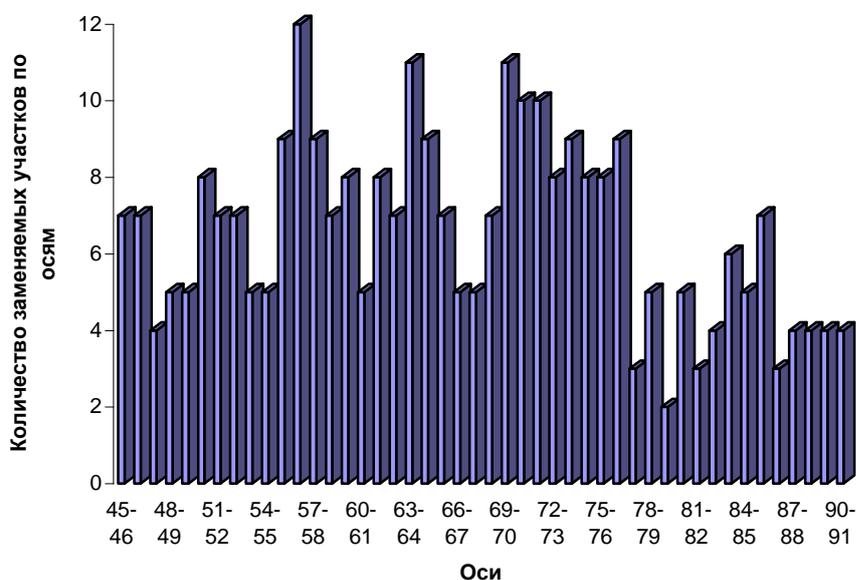


Рис. 6 - Схемы количественного сравнения обследуемых участков и участков, требующих замены в травильном отделении

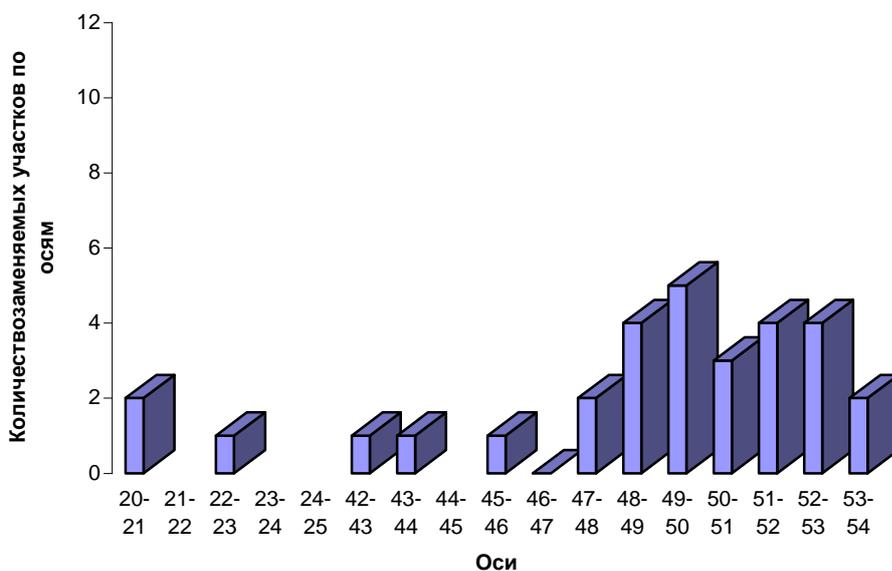


Рис. 7 - Схемы количественного сравнения обследуемых участков и участков, требующих замены в отделении листоотделки

Гистограммы наглядно показывают, что наибольшее коррозионное разрушение наблюдается на участках травильного отделения. По мере удаления от этих участков коррозионный износ конструкций значительно уменьшился.

В результате оценки технического состояния конструкций покрытия в цехах холодного проката комбината ОАО «НЛМК» были классифицированы дефекты и повреждения. Установлено, что они делятся на две группы:

1) дефекты, вызванные низким уровнем выполнения строительно-монтажных работ – 12% (местное смятие, выгибы, вырезы и т.п.);

2) коррозионный износ конструкций, провоцирующийся сильноагрессивной газовой средой и влажным режимом эксплуатации – 88%.

Анализ статистических данных о повреждаемости конструкций покрытия на разных участках цехов подтвердил, что основным повреждающим фактором для конструкций покрытия, эксплуатирующихся в агрессивных средах, является коррозионный износ.

Выполнение расчетов по определению остаточного ресурса с учетом коррозионных повреждений:

- для определения остаточного ресурса конструкций зданий и сооружений использовались данные, полученные из результатов стендовых испытаний и замеров технологической среды [1,2,3,4].

Заключение

Разработанная методика позволяет, по результатам визуального и инструментального обследования, оценить техническое состояние конструкций покрытия, а также осуществить прогноз изменения этого состояния во времени и определить пути оптимизации последующих эксплуатационных расходов. Кроме того, по мере накопления информационной базы, появляются основания по оценке и корректировке конструктивных решений на стадии проектирования. Вышесказанное является предпосылкой к разработке методов мониторинга зданий и сооружений, работающих в условиях агрессивных сред, т.к. подобные виды мониторинга в настоящее время еще не совершенны.

По данной методике в НИС ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет» выполняют обследование зданий и сооружений, работающих в условиях газовой среды.

Библиографический список

1. Статья в журнале: Михайлов В.В., Колобанов А.С. (2008). Оценка остаточного ресурса оцинкованных конструкций покрытия прокатных цехов основного производства ОАО «НЛМК». Научный вестник Воронежского архитектурно-строительного университета, №1(9), с. 61 – 66.
2. Статья в журнале: Михайлов В.В., Колобанов А.С. (2008). О несущей способности оцинкованных конструкций покрытия, работающих в хлороводородсодержащих средах. Наука и инновации в строительстве. Оценка риска и безопасность в строительстве. Международный конгресс – SIB – 2008, с. 256 – 261.
3. Статья в журнале: Михайлов В.В., Колобанов А.С. (2007). Исследование коррозионной стойкости конструкций покрытия цехов холодного проката стали. Вестник ВолгГАСУ. Серия «Строительство и архитектура», № 7(26), с 28 – 32.
4. Статья в журнале. Михайлов В.В., Колобанов А.С. (2009). К вопросу несущей способности оцинкованных конструкций покрытия, эксплуатирующихся в агрессивных газовой среде. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Сборник научных трудов, выпуск 8, с.339-345.



О ПРИЧИНАХ ОБРУШЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА В ДОМОДЕДОВСКОМ РАЙОНЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕРОПРИЯТИЯХ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЕГО НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ

ON THE REASONS OF COLLAPSE OF AUTOMATED REFRIGERATED WAREHOUSE FACILITY IN DOMODEDOVO DISTRICT, THE MOSCOW REGION, AND MEASURES TO ENSURE ITS LOAD-BEARING CAPACITY UPON RECONSTRUCTION

УДК 624

Ведаков И.И.

(ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко - филиал ФГУП «НИЦ «Строительство», г. Москва)

Vedyakov I.I.

Central Scientific Research Institute of Building Structures (TsNIISK) named after V.A. Kucherenko, a branch of Stroitelstvo FGUP NITs (Federal State Unitary Enterprise "Stroitelstvo" Scientific and Research Center), Moscow

Аннотация

Изложены причины обрушения одного из каркасных зданий нового типа с нечеткой связевой системой, указаны ошибки, допущенные при проектировании и расчете. Предлагается методика определения коэффициента общей устойчивости таких зданий.

Summary

The reasons of a collapse of one of frame buildings of new type with indistinct bracing system are stated, the errors admitted at designing and solutions are indicated. The technique of definition of general stability factor of such buildings is offered.

Ключевые слова:

Автоматизированный холодильный складской комплекс, обрушение, несущие конструкции, усовершенствование схемы каркаса.

Key words:

Automated refrigerated warehouse facility, breakdown/failure, load-bearing structures, improvement of skeleton design



Рис. 1

В январе 2008 г. произошло обрушение 80-90% конструкций смонтированного и сданного в эксплуатацию автоматизированного склада в Домодедовском районе Московской области (рис. 1).

Основной конструктивной особенностью склада является то, что стеллажи для складирования товаров одновременно являются основными несущими конструкциями.

Склад имеет размеры в плане 60x100 м и высоту от верха фундаментной плиты до кровли – 36 м. Поперечная рама здания представляет собой совокупность вертикальных решетчатых стоек-ферм, установленных с шагом 2,74 м, объединенных в уровне

покрытия кровельной балкой-фермой. В средней части стойки-фермы установлены на рамы, состоящие из вертикальных решетчатых двутавровых стоек-ферм, объединенных горизонтальной перехватной фермой. (рис.2).

Между стойками-фермами в поперечном направлении на всю высоту и длину здания организованы проходы для автоматического крана-штабелера. Нижний рельс штабелера установлен на фундаментную плиту, а верхний крепится к поперечным кровельным балкам. Основная часть несущих конструкций (стойки-фермы, прогоны, система связей) в первоначальном варианте запроектирована и изготовлена из холодногнутых тонкостенных сложных открытых профилей. Все их монтажные соединения были выполнены одноболтовыми.

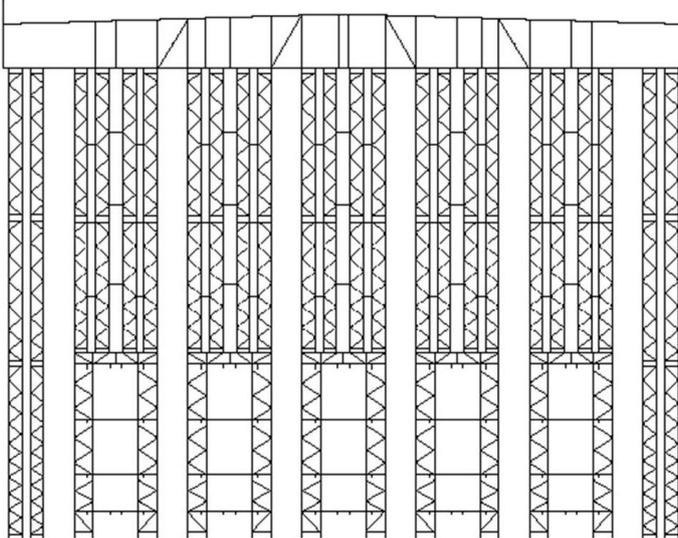


Рис. 2

Сотрудниками ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко было выполнено обследование обрушившихся конструкций и проведены поверочные расчеты. По результатам обследования и анализа конструктивной схемы здания установлено, что основной причиной обрушения являлось отсутствие обеспечения устойчивости каркаса в продольном направлении из-за неудовлетворительной системы вертикальных связей. Верхний и нижний пояса перехватных ферм не раскреплены в продольном направлении, отсутствие ребер в местах опирания решетчатых стоек привело к дополнительной потере устойчивости стенок поясов и их скручиванию (рис. 3 и 4).



Рис. 3



Рис. 4

Расчет каркаса здания склада на полную расчетную нагрузку показал, что коэффициент запаса по устойчивости равен 0,38, а на нагрузку, действующую на момент обрушения, составил 0,86. Форма потери устойчивости, полученная при расчете в нелинейной постановке, оказалась полностью повторяющей схему разрушения каркаса склада (рис. 5).

Отметим некоторые особенности связевой системы этого каркаса. Вертикальные связевые устои продольного направления, распорки и стойки здания располагаются в разных плоскостях (рис. 6). Кроме того, отдельные продольные распорки примыкали к стойкам вертикальных связевых ферм вне их узлов, а в середине панелей. Распорки стоек крайних рам перерезаны установленными воздухопроводами холодильной системы. (рис. 7). Принимая во внимание тот

факт, что стержни имели открытый профиль, эксцентricность сопряжения элементов также негативно сказалась на несущей способности конструкции в продольном направлении. Несущую систему с таким расположением элементов связей можно назвать «системой с нечетким связевым каркасом».

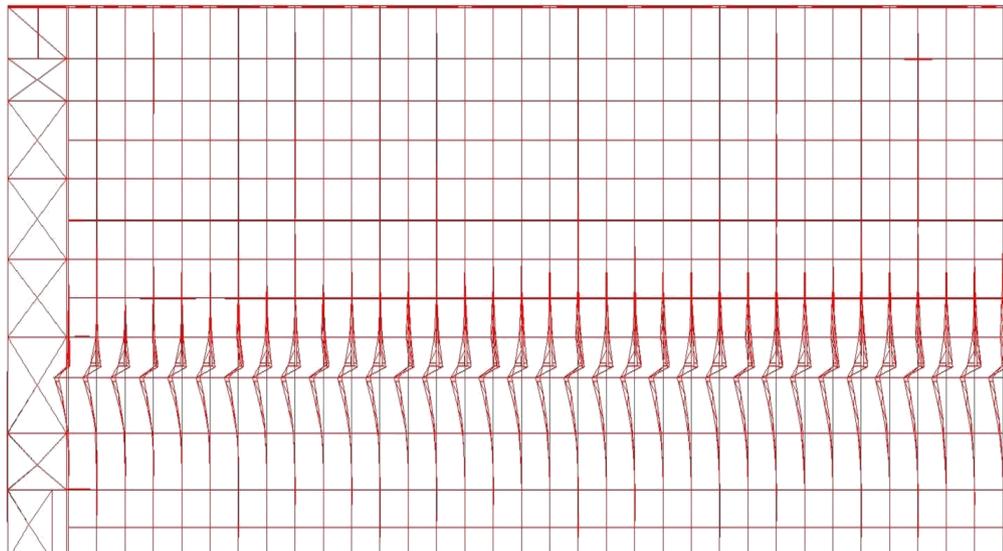


Рис. 5

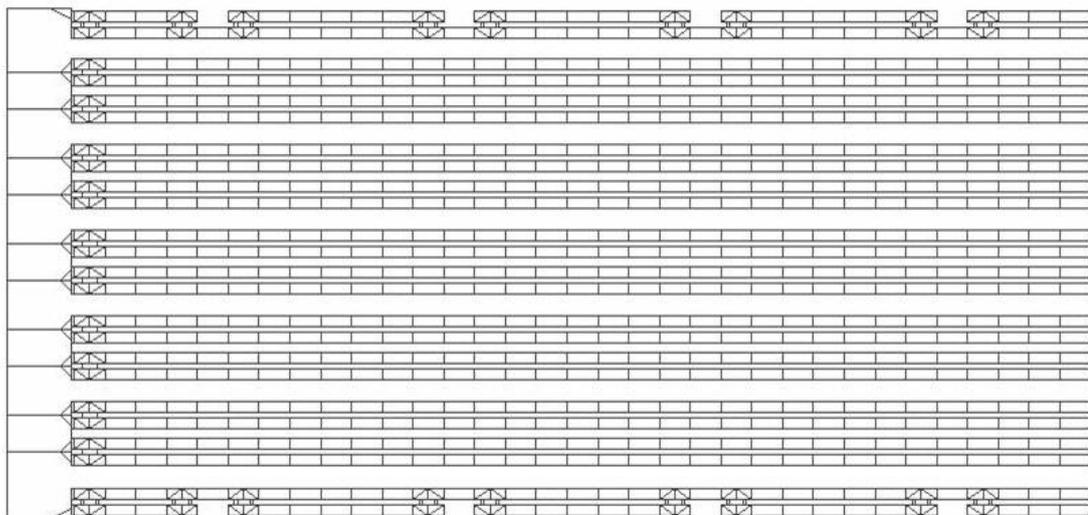


Рис. 6

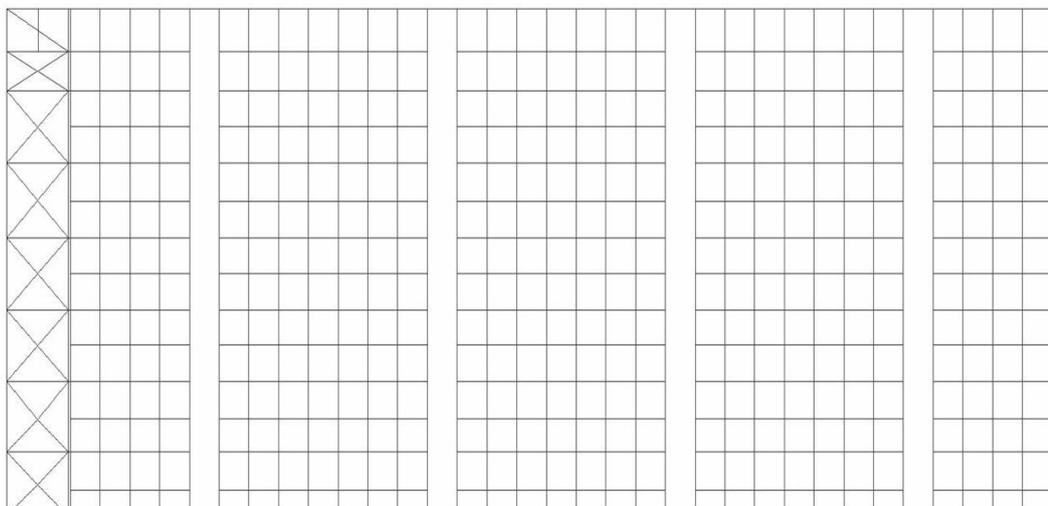


Рис. 7

Фирмой-проектировщиком для восстановления здания был предложен новый проект, который был также не лишен недостатков связевой системы по каркасу. Кроме того, как в старом, так и в новом проекте отсутствовал жесткий диск покрытия. Описанные выше «нечеткости» связевой системы каркаса устранены не были. Эти недостатки сказались на общей устойчивости конструкции, что было подтверждено расчетами.

Следует отдельно остановиться на определении коэффициента устойчивости системы при помощи программного комплекса SCAD. При его вычислении возникли определенные трудности, так как расчет новой схемы, предложенной фирмой-проектировщиком в линейной постановке показал удовлетворительные результаты и значение коэффициента на уровне 1,35. Нелинейный расчет показал для той же схемы значение коэффициента равное 0,5. Вероятно, причина столь большого расхождения в полученных результатах линейного и нелинейного расчетов кроется именно в том, что рассматриваемая несущая система имеет нечеткий связевой каркас.

Специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко проведено усовершенствование схемы каркаса, включающее: - увеличение сечения стоек основных рам и поясов перехватных ферм, в том числе замену открытых профилей на закрытые; - добавление раскосов в перехватных фермах; - предусмотрены дополнительные наклонные и вертикальные ребра жесткости в поясах перехватных ферм; - замену шарнирных узлов крепления стоек к перехватным фермам и монтажных стыков стоек на жесткие; (рис. 8) введение дополнительных распорок по верхним и нижним поясам перехватных ферм с устройством вертикальных связей. Предусмотрено введение дополнительных вертикальных связей в связевом блоке; раскосов в ферме покрытия; горизонтальных связей в связевом блоке; а также дополнительных вертикальных связей по крайним осям стоек каркаса вдоль длинной стороны здания. Последнее позволило устранить дефект схемы, связанный с перерезанием распорок. (рис. 9)

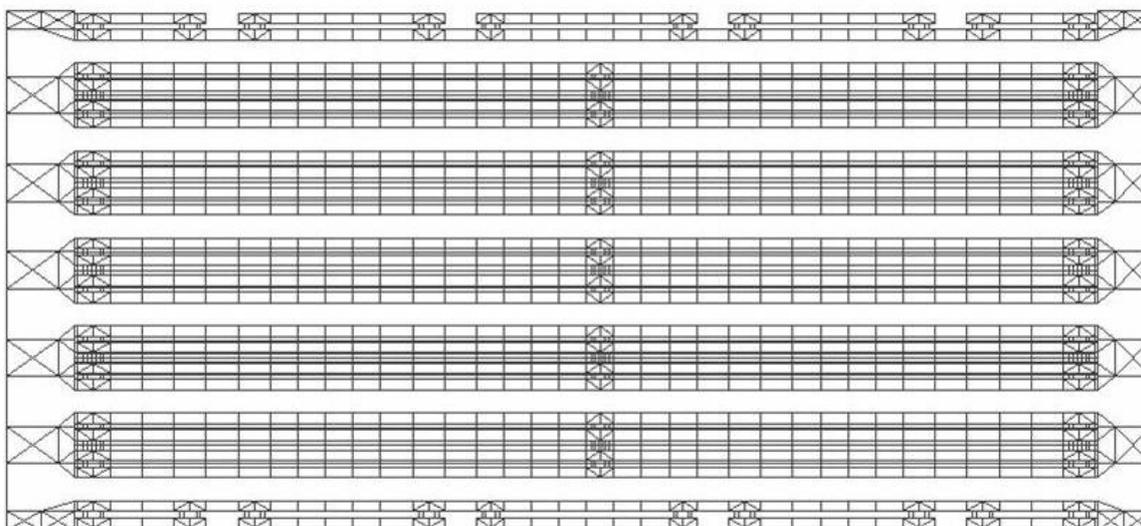


Рис. 8

Проведенные перечисленные выше мероприятия по усовершенствованию системы позволили получить коэффициент устойчивости системы при нелинейном расчете больше 1,3 при том, что в линейной постановке он был больше 2. Причем форма потери устойчивости при достижении критической нагрузки имела поперечное направление, что говорит о более «четкой» работе связевой системы.

Описанная конструкция автоматизированного склада не является уникальной для мирового строительства. За рубежом практика возведения подобных зданий приобрела массовый характер. ЦНИИСК проводил экспертизу проекта аналогичной конструкции, расположенной в д. Акулово Одинцовского района московской области (рис. 10). Первоначальный ее вариант не был лишен изъянов, однако, запроектированная иной проектной организацией (так же ино-

странной), система вертикальных связей была более четкой, по сравнению с разрушившейся конструкцией,

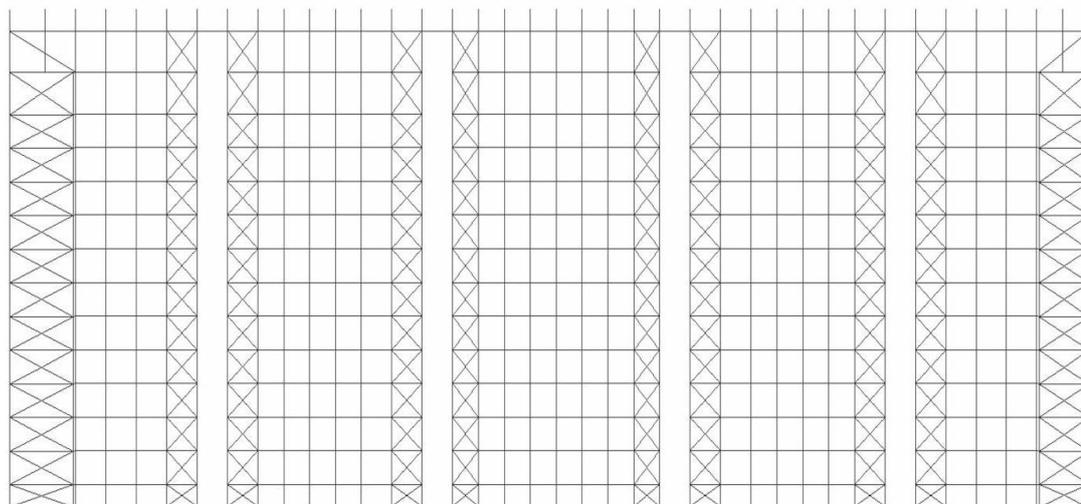


Рис. 9



Рис. 10

а коэффициенты устойчивости системы при линейном и нелинейном расчетах были близки.

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы.

1. Допускается проектировать конструкции с нечетким связевым каркасом, однако их расчеты следует выполнять по пространственной расчетной схеме.
2. Практикуемая в странах ЕС методика расчета зданий по плоским рамам в поперечном и продольном направлениях для описанной конструктивной схемы не всегда позволяет правильно установить значение коэффициента общей устойчивости здания и адекватно оценить работу связевых элементов.

3. Для проверки устойчивости таких систем не следует ограничиваться линейным расчетом; окончательный вывод о несущей способности системы должен быть сделан по расчету в нелинейной постановке.
4. Рассматриваемую конструктивную систему, в которой стеллажи выполняют роль несущих конструкций, следует выделить в отдельный класс конструкций, так как его расчет и конструирование имеет ряд особенностей, не охваченных действующими нормами. В будущем подобные конструкции могут получить широкое распространение в РФ ввиду низкой металлоемкости, высокой технологичности возведения и эксплуатации.



СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

SYSTEM FOR MONITORING THE STATUS OF LOAD-BEARING STRUCTURES IN REAL-TIME

УДК 69

Идиатуллин Д.Р.

руководитель проектной группы ЗАО «Инжиниринговый центр ГОЧС «БАЗИС»

Клецин В.И.

генеральный директор ЗАО «ИЦ ГОЧС «БАЗИС», кандидат технических наук

Idiatullin D.R.

Head of Design Group, ZAO Engineering Center GOChS (Civil Defense & Emergency Management) BASIS,

Kletsin V. I.

General Director of ZAO Engineering Center GOChS BASIS, Candidate of Technical Sciences

Аннотация

В связи с участившимися авариями зданий с массовым пребыванием людей, требуется непрерывный мониторинг технического состояния. В статье рассматривается методика мониторинга на всех стадиях существования здания: проектировки, строительства, ввода в действие и эксплуатации.

Система мониторинга предусматривает инструментальные непрерывные измерения параметров отдельных конструкций и здания в целом.

Summary

With the view of frequent accidents in heavily trafficked buildings, continuous monitoring of buildings' technical condition becomes a matter of primary concern. The paper provides an overview of the monitoring method used at all stages of a building life cycle: design, construction, commission and operation.

The monitoring system provides for instrumentation-based continuous parameter measurements both for individual structures and a building taken as a whole.

Ключевые слова:

Мониторинг, аварии, строительство, эксплуатация, предельное состояние, паспорт мониторинга.

Key words:

Monitoring, accidents, construction, operation, ultimate limit state, monitoring passport.

Введение. Предпосылки, причины создания.

Идея создания и применения мониторинга объектов строительства появилась не случайно. Объясняется это участившимися за последнее время авариями строительных конструкций на ряде объектов с массовым пребыванием людей (рис.1).



Рис.1. Пример обрушения

Основная цель мониторинга - повысить безопасность и эксплуатационную надёжность объектов строительства.

Существует несколько способов решения данной задачи:

- проведение периодического инструментального мониторинга,
- установка на объект автоматической системы мониторинга (СМИК).

Для реализации вышеперечисленных требований с точки зрения безопасности на этапе эксплуатации необходимо создание на объектах именно систем **непрерывного (в режиме реального**

времени) мониторинга несущих конструкций, аппаратно-программные средства которых позволят осуществлять периодическое обследование несущих конструкций объекта.

Применительно к строительным объектам система непрерывного мониторинга характеризуется специфическими особенностями и потому требует специальных научно-методических и научно-технических проработок.

В первую очередь от такой системы требуется высокий уровень долговечности при высоком уровне надёжности и достоверности собираемой информации о состоянии строительных конструкций. Такие требования следуют из того обстоятельства, что строительные объекты, особенно уникальные, рассчитаны на длительный срок эксплуатации, измеряемый десятками и даже сотнями лет, а события, приводящие к авариям, имеют весьма малую вероятность, измеряемую десятками и даже тысячными долями процента. Именно на гарантированную идентификацию этих долей процента должна быть нацелена система непрерывного мониторинга. В противном случае она теряет смысл.

Цели создания системы мониторинга

Проведение мониторинга необходимо как на этапе строительства объекта, так и на этапе эксплуатации. Исходя из этого, могут быть сформулированы следующие цели создания СММК:

на стадии строительства:

- своевременное обнаружение на ранней стадии осадков, деформаций и перемещений конструкций основания и несущего каркаса здания, которые могут привести к их разрушению, нарушению устойчивости возводимых конструкций, повлечь людские и материальные потери;
- своевременное информирование заказчика о критическом изменении контролируемых параметров;

на стадии эксплуатации:

- обеспечение безопасности персонала, посетителей путём автоматического, в режиме реального времени, информирования персонала дежурно-диспетчерской службы объекта и единой дежурно-диспетчерской службы (ЕДДС) города, района о критическом изменении состояния (деформированного состояния) конструкций объекта;
- обеспечение автоматического, в режиме реального времени, мониторинга интегральных характеристик напряженно-деформированного состояния несущих конструкций объекта;
- снижение риска утраты несущей конструкцией свойств, определяющих ее надежность посредством своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения состояния (напряженно-деформированного состояния) несущих конструкций, которое может привести к их разрушению и повлечь людские потери, переход здания, сооружения в ограниченно работоспособное, аварийное состояние, к полной или частичной потере несущей способности;
- обеспечение проведения работ периодического мониторинга (обследования).

Структура системы. Функции подсистем.

Структура СММК реализует распределенную систему сбора и обработки данных от различных датчиков. (Рис.2).

Система состоит из датчиков, локальных контроллеров (АЦП) серверов локальных контроллеров, сервера СММК и АРМ СММК.

Это не только система аппаратно-программных средств, но и система взаимодействия с Дежурно-диспетчерской службой (ДДС) объекта, и Единой дежурно-диспетчерской службой (ЕДДС) города, района посредством СММК объекта.

Что позволяет устранить человеческий фактор по сокрытию какого-либо «инцидента» или «аварии» (отсутствует возможность неконтролируемой эксплуатации объекта с нарушением режима нормальной эксплуатации конструкций объекта или предаварийным изменением состояния конструкций объекта).

Для достижения поставленных целей **система мониторинга состояния несущих конструкций** разделяется на две **функциональные подсистемы**:

1) сигнальная подсистема мониторинга

функционирует непрерывно и реализует следующие функции:

- автоматический, в режиме реального времени, мониторинг интегральных характеристик технического состояния несущих конструкций объекта;
- обеспечение автоматического, в режиме реального времени, информирования персонала ДДС объекта и ЕДДС города, района о критическом изменении состояния (деформированного состояния) конструкций объекта;



Рис.2 Структурная схема СМИК.

2) подсистема периодического мониторинга начинает функционировать по сообщениям (инцидент, авария) от сигнальной подсистемы мониторинга или в соответствии с заранее определённым регламентом. При этом в автоматизированном режиме реализуются следующие функции:

- обеспечение оценки состояния несущих конструкций объекта и выдачи рекомендаций по их усилению (восстановлению);
- обеспечение контроля и корректировки (при необходимости) функционирования сигнальной подсистемы.

Для осуществления работ периодического (внепланового периодического) мониторинга несущих конструкций объекта привлекаются специализированные организации.

Этапы создания СМИК.

Перечислим все стадии жизненного цикла СМИК объекта:

1) создание системы мониторинга:

- проектирование системы мониторинга:
 - формирование требований к системе мониторинга;
 - разработка концепции системы мониторинга;
 - разработка разделов проектной документации системы мониторинга (стадии "Проект", "Рабочая документация");

- строительно-монтажные работы;
 - ввод в действие системы мониторинга;
- 2) эксплуатация системы мониторинга.

Проектирование

Поскольку объекты, оснащаемые СМИК, как правило, уникальны, необходимо для каждого объекта разработать собственную методику мониторинга. Оформить методику можно, например, разделом 1 проекта.

В данной методике должны определяться:

- основные методические принципы построения СМИК и требования к решению задач мониторинга;
- критически важные конструкции, конструктивные элементы, контролируемые параметры, средства контроля основных параметров и места их установки;
- порядок создания системы и проведения НИР;
- программа производства работ по созданию СМИК, требования к технологии и регламентам проведения мониторинга состояния несущих конструкций;
- требования к разработке заключений о состоянии несущих конструкций объекта, подготовке рекомендаций по усилению (восстановлению) несущих конструкций;
- требования к видам обеспечения создания и функционирования СМИК.

Для создания «методики», на этапе проектирования, необходимо проведение соответствующих НИР. На этом этапе, для определения основных контролируемых параметров должна быть создана расчётная компьютерная модель.

Общий порядок, организация и содержание этапов научно-технического сопровождения работ по созданию и эксплуатации систем мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений представлен в документе *«Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Методика мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений. Общие положения. М.2008. МЧС России»*.

Методика предназначена для разработки методических разделов проектов по системам мониторинга состояния несущих конструкций зданий, сооружений применительно к каждому конкретному объекту с учетом его особенностей.

Методика прошла экспертизу Межведомственного координационного научного совета по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций и аттестована Правительственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (протокол от 18 марта 2009 г. №3).

СМИК является подсистемой СМИС (рис.2), поэтому разрабатывается с учетом требований ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования».

Настоящий стандарт устанавливает:

- категории потенциально-опасных объектов, зданий и сооружений, подлежащих оснащению структурированными системами мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС);
- основные требования к построению СМИС;
- перечень функций СМИС, обеспечивающих решение задач безопасности объектов;
- порядок информационного сопряжения данных от СМИС с единой дежурно-диспетчерской службой города, района;
- порядок проведения испытаний и приемки в СМИС эксплуатацию.

Строительно-монтажные работы

Мониторинг на этапе строительства объекта осуществляется как с помощью традиционных методов (геодезия, измерение прочности бетона, и т.п.), так и с помощью датчиков, в том числе закладываемых в железобетонные конструкции перед заливкой.

Например, могут быть использованы тензометрические датчики для определения деформаций плиты основания и несущих стен (напряжений в них) (Рис.3). Так же могут быть использованы инклинометры для определения неравномерности осадки фундаментной плиты и ее деформаций (Рис.4).

На стадии строительства особенно важна защита оборудования, поэтому инклинометры должны быть установлены в фундаментную плиту в герметичных металлических коробках. Герметизация необходима в связи с неизбежным затоплением подвальных (нижних) этажей во время проведения строительных работ.

Мониторинг осуществляется специализированными организациями периодически (раз в месяц, например). По завершении месяца, этапа строительства или возведения очередного этажа заказчику предоставляется «Заключение» о техническом состоянии возводимых конструкций в соответствии с СП 13-102 2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».

Датчики, используемые при мониторинге на этапе строительства, в последующем интегрируются в СМИК на этапе эксплуатации. Рекомендуется устанавливать датчики по мере строительной готовности возводимых помещений.



Рис 3. Тензометрический датчик.



Рис.4. Измеритель угла наклона (инклинометр).

Данные снимаемые с датчиков записываются в базу данных. Таким образом, при вводе в действие СМИК уже имеется практически полное представление о техническом состоянии здания и соответствии возведенных конструкций проектным решениям.

На этапе строительно-монтажных работ по возведению здания и монтажу системы необходимо проведение авторского надзора.

Могут быть использованы различные датчики, в зависимости от того, какие параметры нам необходимо контролировать.

Например, на объектах, где используются в качестве несущих конструкций покрытия деревянные клеёные балки и фермы, изменение температурно-влажностного режима от нормального приведет к снижению несущей способности, поэтому (несмотря на то, что это не основной контролируемый параметр (прогиб, угол наклона в точке опирания), используются датчики контроля температуры и влажности воздуха и древесины).

Измерительное оборудование (датчики), используемое в СМИК, должно быть сертифицировано и внесено в реестр средств измерений РФ.

Ввод в действие

На этапе ввода в действие необходимо проведение первичного «периодического» мониторинга для определения категории здания, включающего в себя обследование здания в соответствии с СП 13-102 2003, испытания конструкций, испытания и тарировка системы (в соответствии с ранее разработанными и согласованными программами испытаний конструкций и системы).

Периодический мониторинг должен осуществляться специализированными организациями.

Если проводился мониторинг на этапе строительства, необходимо использовать «Заключения» о техническом состоянии здания и накопленные базы данных показаний снимаемых с датчиков.

По результатам первичного мониторинга (а так же проведения мониторинга на этапе строительства) корректируется модель (созданная на предыдущих стадиях), определяются граничные значения (уставки) и создается «**Паспорт мониторинга**».

Так же разрабатываются Регламенты проведения мониторинга и инструкции по действиям ДДС объекта и ЕДДС города, района при инцидентах, авариях.

Указанные инструкции разрабатываются, службой эксплуатации объекта. Основой для разработки инструкций являются "Регламент действий при предаварийных, аварийных и чрезвычайных ситуациях", который разрабатывается на стадии "Рабочая документация".

Эксплуатация

На этапе эксплуатации система функционирует непрерывно, в режиме реального времени.

На этапе эксплуатации системы в соответствии с регламентом осуществляется периодический мониторинг:

- 1 раз - через 2 года после ввода в эксплуатацию;
- затем – 1 раз в 5 лет;
- или по сообщениям от сигнальной подсистемы.

Паспорт мониторинга

Паспорт мониторинга объекта - это совокупность документов, моделей, включающая в себя:

- заключения о техническом состоянии несущих конструкций здания¹, сооружения, рекомендации по усилению, восстановлению несущих конструкций полученные в результате работ периодического (внеочередного) мониторинга, рекомендации по совершенствованию математического, программного и методического обеспечения системы мониторинга (при необходимости);
- расчетную (компьютерную) модель объекта (здания, сооружения и его системы мониторинга – СМИК), адекватной текущему состоянию несущих конструкций;
- матрицу граничных значений интегральных характеристик соответствующих нарушению нормальной эксплуатации и предаварийному изменению состояния несущих конструкций для каждого из определенных воздействий и/или нагрузок на строительные конструкции здания, сооружения.

¹ Указанные заключения и рекомендации являются результатом проведения работ по обследованию (выборочному, сплошному) несущих конструкций.

1. Заключение о состоянии несущих конструкций объекта формируются по результатам проведения обследования здания при проведении мониторинга на этапе строительства, при вводе в действие системы, при дальнейшем периодическом мониторинге.

2. Расчетная² (компьютерная) модель объекта должна позволять рассчитывать любые перемещения (линейные и угловые), деформации элементов и динамические параметры (собственные формы, частоты и амплитуды колебаний) для всех нормативных и расчетных видов нагрузок и/или воздействий, в том числе импульсных (землетрясения, взрывы).

Для обеспечения адекватности объекту расчетная модель корректируется по результатам периодического мониторинга.

3. Матрица граничных значений интегральных характеристик разрабатывается для оценки состояния несущих конструкций зданий, сооружений по критериям - нарушение нормальной эксплуатации и предаварийное изменение состояния несущих конструкций.

При определении таких критериев целесообразно исходить из принципов **методики предельных состояний**, положенных в основу обеспечения надёжности в строительстве (ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету»).

Соответственно к расчетной модели прикладываются нормативные и расчетные нагрузки.

Согласно этой методике различают два основных предельных состояния здания, сооружения:

- первое предельное состояние, когда конструкция полностью утрачивает свои эксплуатационные свойства, например, разрушается, теряет устойчивость, опрокидывается и т. д. При проектировании в этом случае исходят из максимально возможных - расчётных нагрузок и/или воздействий и минимально возможных - расчётных сопротивлений конструкционных материалов;
- второе предельное состояние, когда при сохранении несущей способности затруднена нормальная эксплуатация сооружения. Например, перемещения (прогибы) конструкций приводят к нарушению работы технологического оборудования, колебания конструкций вызывают дискомфортное состояние людей, находящихся в помещениях верхних этажей высотного здания. Проектирование зданий, сооружений в этом случае выполняется, исходя из так называемых нормативных значений - пониженных для нагрузок и /или воздействий и повышенных для прочности материала, так как предполагается, что такое дискомфортное состояние будет кратковременным или может быть устранено штатными средствами. После чего сооружение будет полностью удовлетворять эксплуатационным требованиям, в том числе требованиям безопасности.

Выводы

1. СМИК разрабатывается для обеспечения безопасности зданий и сооружений, проектируется и реализуется в соответствии с требованиями:

- ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования»,
- «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Методика мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений. Общие положения и требования».

² Расчетная модель разрабатывается с использованием специализированных программных средств, имеющих сертификаты, подтверждающие их применимость для решения задач моделирования.

2. В отличие ряда других систем СМИК функционирует:

- автоматически, непрерывно, в режиме реального времени и обеспечивает мониторинг и решение задач оповещения, в том числе на эвакуацию людей;
- в автоматизированном режиме по обеспечению периодического мониторинга (обследования).

3. Аппаратно-программные средства СМИК используются при проведении обследования несущих конструкций объекта в соответствии с СП 13-102 2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» при проведении периодического мониторинга.

4. База данных измерений, накопленных сигнальной подсистемой – это аналог «черного ящика» самолета позволяющая более точно определить изменение технического состояния несущих конструкций объекта, сформировать адекватные заключения.

5. Внедрение СМИК позволит снизить риски чрезвычайных ситуаций связанных с обрушением конструкций и гибелью людей (Аквапарк, Бауманский рынок в г.Москве, и т.п.)

Библиографический список

1. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования.
2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Методика мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений. Общие положения. М.2008. МЧС России.
3. СП 13-102 2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
4. Патент № 86007 «Система мониторинга безопасности несущих конструкций, конструктивных элементов зданий, сооружений в режиме реального времени»
5. Патент № 83618 «Система мониторинга безопасности несущих конструкций, конструктивных элементов зданий, сооружений в режиме реального времени»
6. Патент № 83617 «Система мониторинга безопасности несущих конструкций, конструктивных элементов зданий, сооружений в режиме реального времени».
7. Патент № 86763 «Система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС).



Риски при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ: ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРАНЕ- НИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ PABULUM FOR REFLECTION: GEOLOGICAL, ECOLOGICAL AND POLITICAL AS- PECTS OF DEPOSITORY AND REPOSITORY OF NUCLEAR MATERIALS

УДК 504.05+550.8

Комлева Е.В.

Дортмундский технический университет, Германия.

Komleva Elena

Dortmund University of Technology, Germany

Аннотация

В данной работе описываются следующие взаимосвязи в сфере производства энергии: нефтегазовое производство и международные проекты по долгосрочному хранению ядерных материалов. Обсуждаются некоторые варианты сооружения хранилищ ядерных материалов, предложенные российскими специалистами, а также соответствующие геологические изыскания, в частности, для северо-западного региона России.

Summary

This paper presents further consideration of the following interrelation in the energy production sphere: oil and gas business and international projects on the long-term storage of nuclear materials. There are discussed some Russian versions of construction of nuclear depositories as well as corresponding geological assessments. In particular, for the North-West Russia.

Ключевые слова:

Ядерная энергия, углеводороды, ядерные отходы, международные хранилища, никель

Key words:

Nuclear energy, hydrocarbons, nuclear waste, international depositories, nickel.

После фукусимской катастрофы, приостановки эксплуатации ряда АЭС Японии и других стран обострились споры по главному вопросу ядерных технологий - хранения выведенных из оборота гражданских и военных ядерных материалов. Также возможен возврат интереса к небольшим подземным АЭС или гибридам подземной АЭС и подземного хранилища. Напомним, что в Японии внешних воздействий с катастрофическими последствиями не выдержали не только реакторы, но и приреакторные хранилища (бассейны выдержки) отработавшего ядерного топлива. Заслуживает внимания мнение, что вскрытая проблема серьезной уязвимости хранимого топлива – главный урок Фукусимы.

Россия имеет национальное наземное долговременное хранилище плутония на площадке ПО “Маяк”. Связанные, прежде всего, с высокой концентрацией опасного вещества на земной поверхности потенциальные опасности глобального уровня неоднократно обсуждались (например, <http://nuclearno.ru/text.asp?15383>). В России реализована неоднозначная по результатам технология подземной изоляции жидких радиоактивных отходов в пластах-коллекторах (Северск, Железногорск, Димитровград).

Россия желает иметь у себя международные ядерные хранилища подземного типа для твердых высокоактивных материалов. Теперь – тем более, так как после Фукусимы ожидаемая зарубежная прибыль Росатома от строительства АЭС может устремиться к нулю, а от демонтажа АЭС с наработкой отходов - возрастет. Нацеленность на международные хранилища в России формировалась задолго до Фукусимы. Подготовлена законодательная база, в 2002 и 2005 годах в Москве под эгидой МАГАТЭ прошли международные конференции по этой теме. Планируют подобные хранилища на Семипалатинском полигоне и в Чернобыльской зоне. В

Западной Европе идею такой кооперации развивает the Association for Regional and International Underground Storage (ARIUS). Ситуацию “подогревает” решение Б. Обамы через 22 года с начала строительства и после затрат в 9 миллиардов долларов (десятая часть общей сметной стоимости) прекратить реализацию проекта “путеводной звезды”, прототипа многих подобного рода строек – национального хранилища высокоактивных материалов Yucca Mountain. А также – появившиеся раньше в условиях глобализации мировой экономики идея и проекты интернационализации последней стадии обращения с ядерными отходами, их надежной изоляции от биосферы. Возникают конкретные вопросы “как?” и “где?” Особенно после вступления в силу американо-российского Соглашения № 123 (2010г.), открывающего странам возможность “обмена” ядерными материалами. Директива ЕС по обращению с ядерными отходами (июль 2011г.), которая в контексте реакции на японские события обязала страны-участницы к 2015г. разработать планы захоронения, ориентирует на подземную изоляцию и благосклонна к возможности экспорта отходов.

Одним из авторов работ, способствовавших отмене некачественного с научной точки зрения проекта подземного ядерного хранилища Yucca Mountain, является геолог и спелеолог Ю.В. Дублянский (Juri Dublyansky, www.uibk.ac.at). Уникальная ситуация: его общая эрудиция и знания в сфере инженерной геологии и гидрогеологии, низкотемпературных гидротермальных процессов, изотопных исследований значимо повлияли на формирование решения ведущей ядерной страны относительно места размещения природно-техногенного, с элементами самоорганизации объекта, безопасно функционировать который по нормативам должен не менее десяти тысяч лет. А косвенно возможно ожидать отложенное влияние на общечеловеческое будущее ядерной проблематики. Он, кроме того, нелюбезно охарактеризовал стиль собственных геологических обоснований таких объектов российскими и американскими ядерными ведомствами и финансирования ими независимых оценок.

В Японии и странах тихоокеанского бассейна отныне заново не раз подумают о принципиальной возможности долговременного хранения и захоронения ядерных материалов в регионах субдукционного взаимодействия литосферных плит, опасаясь перспективы периодических вбросов техногенной радиоактивности в океан. Калифорнийский желоб и Йеллоустонский мегавулкан могут мотивировать интерес США и Канады к более спокойным регионам планеты (например, к Северо-Востоку России). Фукусимская катастрофа не прошла бесследно и для шведов. Известнейший проект шведского оператора по обращению с ядерными отходами SKB, предусматривающий строительство подземного национального ядерного хранилища вблизи АЭС Оскарсхамн и разрабатываемый три десятилетия, приостановлен в марте 2011г. Надзорная инстанция уже объявила о созыве международной экспертной комиссии, которая проверит, как именно будут утилизировать отходы под землей. Видимо, строительство подземного шведского хранилища может быть отложено на неопределенный срок. А проект SKB - мировой лидер в своей “нише” наряду с Yucca Mountain и финской разработкой, во многом сопряженной со шведской версией.

Необходимо учитывать явное стремление западных стран повысить контроль над легкодоступными углеводородами Ближнего Востока и Африки. Грядут также серьезные изменения на рынке, обусловленные сланцевым газом. Вследствие чего внимание Запада к российским нефтегазовым регионам с суровым климатом может временно уменьшиться. Как необходимо учитывать и “постфукусимское цунами” решений о закрытии европейских АЭС. Например, в Германии, где глобальной значимости решение было принято по результатам работы специально созданной после Фукусимы Комиссии по этике (!), состоящей из представителей не только инженерных и естественных наук, но и гуманитарно-духовной сферы (http://de.wikipedia.org/wiki/Ethikkommission_f%C3%BCr_eine_sichere_Energieversorgung). Логическим продолжением этих решений следует считать меры по сверхплановому демонтажу станций с наработкой больших объемов дополнительных отходов. Кроме того, европейские ядерщики будут искать работу в Китае или России. Кстати, это соответствует общей стратегии, например, Германии в сфере международного разделения труда. Когда тяжелая промышленность и опасные виды производства переносятся в развивающиеся страны, а внутри Германии

стимулируется современная наукоемкая промышленность, относительно малозатратная по ресурсам.

Наиболее продвинутые российские подземные варианты связаны с площадками вблизи Красноярска, Челябинска и Краснокаменска. Военно-промышленные объекты, к которым теперь “привязывают” хранилища, размещались давно и далеко не по геологическим и экономическим критериям. Безопасность же геологических (так их еще иногда называют) хранилищ детерминирована, прежде всего, качеством породных массивов, а также условиями их длительного существования. Трагедия Фукусимы, начало которой положил геологический процесс, разом обнулила смысл разумных затрат при строительстве, которые были призваны обеспечить безопасность станции. Не пришло время объективно оценить “космические” затраты на ликвидацию последствий этой трагедии. По ряду причин применять в новое время и для новой задачи прежний подход – ошибка. Поэтому главные аргументы относительно места и технологии хранилищ, наряду с политическими и экономическими, должны быть за международной геологией. После Фукусимы в МИФИ первоочередным считают при создании АЭС геоядерный симбиоз на международной основе, а С.В. Кириенко сообщил (Госсовет по модернизации), что нужен прогноз и мониторинг условий их существования до “зеленой лужайки” (более ста лет). Будет справедливо, если аналогичный подход применят к более долговременным (тысячи лет) ядерным объектам хранения/захоронения. В таких делах без наук и практических знаний о Земле не обойтись. Справедливости ради отметим, что тезис о важной роли геологов при обеспечении безопасности ядерных объектов не связан только с Фукусимой (http://www.roninfo.ru/publ/intervju/ehkologicheskaja_bezopasnost_obektov_rosatoma_v_rukakh_geologov/3-1-0-5).

Альтернативой-дополнением перечисленным площадкам, “спарринг-партнером” при дискуссиях, служит Печенгская геологическая структура и ее обрамление. Геологические условия Печенги (и Краснокаменска) сближают концепции хранилищ в гнейсах/гранитах (Швеция, Финляндия, Красноярск) и вулканитах (Yucca Mountain, Челябинск). При геологическом, экономическом и политическом приоритетах выбора Печенга оставляет возможность не с нуля развивать ядерную компоненту объекта. В пределах и вблизи Печенги действуют аналог ядерных подземных сооружений (рудник “Северный-Глубокий”), аналог Фукусимы относительно аварийного ядерного топлива (Губа Андреева). Уже существующий геоядерный кластер упростит и удешевит опережающие исследования (подземная лаборатория) и создание собственно хранилища. Поспособствует переориентации экономики региона. Он также в полной мере соответствует междисциплинарному и межотраслевому духу, некоторым конкретным позициям указа президента РФ (июль 2011г.) о приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники.

Одним из аргументов против Печенги формально может быть нынешняя добыча никеля. Этот аргумент (как и против Краснокаменска, Стрельцовское месторождение урана) произведен от рекомендации МАГАТЭ: избегать изоляции ядерных материалов вблизи полезных ископаемых. Однако совместный, внимательный и объективный анализ этой рекомендации, горно-геологических и экономических условий работы “Норильского никеля” показывает, что более чем семидесятилетняя история изучения и освоения месторождений Печенги генерирует не осложняющий, а благоприятствующий фактор. Учитывая и перспективу на 50-100 лет. Это время отложенного ядерного хранения на поверхности. Реальный опыт США, Канады, Швеции, Финляндии и других стран: через 30-40 лет необходимых научно-технических и производственных работ подземных хранилищ нет. При таких запасах времени до ядерного подземелья рассматриваемые месторождения будут гарантированно полностью отработаны. Хотя и сейчас доступны участки требуемых размеров и качества заведомо вне проявлений никеля. Именно Печенга максимально обеспечит выполнение этой рекомендации: известные месторождения исчезнут, а новые практически невероятны при высочайшей геологической изученности территории уже сейчас. Аналогия: в РАН (Н.П. Лаверов) такой же подход к Краснокаменску считают “единственно верным” (2011г., <http://www.ras.ru/FStorage/Download.aspx?id=bb9c25dd-630b-4f87-8d3e-6fad9a0ba9ca>; 2005г., newmdb.iaea.org/GetLibraryFile.aspx?RRoomID=694).

Вполне реальна перспектива международного геоядерного альянса на базе Росатома и “Норильского никеля”. У “Норильского никеля” есть шанс, рационально осваивая недра, с пользой продать горно-геологическую документацию и реальную инфраструктуру (в противовес бездарной потере Кольской сверхглубокой скважины), постепенно лишаясь руды. Или иначе соучаствовать с Rosatom&Co в новом освоении подземного пространства Печенгской/Стрельцовской структуры. При необходимости “Норильский никель” и на равноудаленном от западных и восточных поставщиков Таймыре найдет пригодные массив и/или готовые выработки для хранилища, дополнительно изолированные покровом многолетнемерзлых пород. Или на Северо-Востоке России. В свою очередь, атомный ледокол “Ямал”, демонстрируя в июле 2011г. стремление Росатома закрепиться в высоких широтах, катал по Севморпути – приобщал к реальности участников международной конференции “Северным морским путем к стратегической стабильности и равноправному партнерству в Арктике”.

Не получилось порознь у СССР и Японии (отчасти, и у США) обойтись без национальных ядерных катастроф. Велик риск террористического инициирования (средиземноморское “цунами”) таких катастроф для ряда стран Западной Европы, учитывая их воинственную политику в южных, богатых углеводородами регионах. Подтверждение реальности этого и новых, изнутри, вызовов Европе – террористические акты 2011г. в Норвегии и менталитет норвежского террориста, вовсе не исключаящего ядерные объекты из числа потенциальных целей для подобных ему идейных борцов. Объединение усилий и повышение безопасности имеют наибольшие предпосылки при создании международных подземных ядерных хранилищ в подходящих породах, на стыке стран или в иначе труднодоступной для несанкционированных посещений местности (Печенга, Норильск/Билибино, Краснокаменск). Присоединиться к созданию таких хранилищ было бы, видимо, полезно США и Канаде, Германии, Финляндии, Швеции (и как владельцам технологий подземной изоляции), а также Японии, странам Восточной Европы, Армении и Казахстану. При “перезагрузке” на них финансирования от Yucca Mountain, Новой Земли и других отвергнутых проектов.

Независимые оценки показывают отсутствие стабильной и позитивной тенденции относительно развития нефтегазового бизнеса на шельфе Арктики. Как и реалии провалов в 2011г. попыток России завершить многолетнюю подготовку контрактов на поставку газа в Китай, Роснефти найти партнеров для работы в Арктике и Газпрома наконец-то обнародовать план инвестиций в Штокман. А также (на примере проектов “Сахалин-1,2”) приводят к выводу, что надежды на привлекательность освоения шельфа и для сухопутной экономики сопряженного региона не всегда сбываются. В отчетном докладе А. Миллера за 2010г. Штокман упомянут не как объект реального развития, а лишь как козырь для спокойствия акционеров в части стратегической обеспеченности Газпрома запасами на далекое будущее. Кроме того, Росстат часто (последний пример – данные за первое полугодие 2011г.) фиксирует хроническое неблагополучие (прирост производства, инвестиции в развитие, износ основных фондов) в базовых отраслях Мурмана (строительство, твердые полезные ископаемые, энергетика, рыба). Эти оценки не противоречат показателю “от народа”: жителей Мурманской области стало меньше.

Кооперация Росатома и “Норильского никеля” может компенсировать арктические углеводородные и другие затруднения, способствовать формированию самостоятельной высокотехнологичной отрасли и международного технопарка на Севере России, составной усиливающей части региональных и общероссийских программ создания технологической платформы “Инфраструктура Арктики”. С другой стороны, “ружье на стене” - хранилище вблизи Красноярска или Челябинска при его долгой жизни обязательно “выстрелит” как повод для внешнего “принуждения к миру” в центре России. Это тоже надо учитывать, решая вопрос о месте заложения объекта.

Благодарю за поддержку исследований профессоров В. Falkenburg, N. Witoszek, D. Maser, V. Masloboev, O. Ivanov. А также - научных сотрудников Института философии и политологии Дортмундского технического университета.

Вспомогательные источники информации

1. Комлева Е.В. Ядерные отходы, газовые месторождения и безопасность Севера Европы // ЭКО: Всероссийский экономический журнал, 2007, №3.- С. 104-111.
2. Просвирнов А. Джинн снова вышел из лампы – первые уроки Фукусима-1. [Электронный ресурс]: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2934> (дата обращения 23.05.11).
3. Рядом со "шведской Фукусимой" планируют строить "вечное" хранилище ядерных отходов. [Электронный ресурс]: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,14939212,00.html> (дата обращения 23.05.11).
4. Криворотов А.К. Северный шельф перед лицом глобальной нестабильности // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения-2010. Апатиты, 2010. – С. 40-45.
5. Череповицын А.Е., Жуков А.М. Стратегический анализ возможностей и угроз освоения углеводородных ресурсов Западной Арктики // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения-2010. Апатиты, 2010. – С. 61-69.
6. Штокман // Север промышленный. – 2011, №1. – С. 4-5.
7. Кому нужен сибирский атом? [Электронный ресурс]: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3013> (дата обращения 23.05.11).
8. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Пэк А.А. Радиогеоэкологические проблемы начального и завершающего этапов ядерного топливного цикла // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. – 2010, № 4. - С. 26-33.
9. Андерсон Е.Б., Савоненков В.Г., Шабалев С.И. Геологические формации, перспективные для изоляции РАО // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. – 2011, № 1. – С. 54-58.
10. Колдобский А.Б. Мирный атом после цунами [Электронный ресурс]: <http://www.globalaffairs.ru/number/Mirnyi-atom-posle-tsunami-15187> (дата обращения 23.05.11).
11. Саркисов А.А. Проблемы реализации интеграционного подхода к обращению с радиоактивными отходами в северо-западном регионе России и окончательной их изоляции. [Электронный ресурс]: http://www.fcp-radbez.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=355&Itemid=386 (дата обращения 23.05.11).
12. Мельников Н.Н., Конухин В.П., Наумов В.А. и др. Научные и инженерные аспекты безопасного хранения и захоронения радиационно опасных материалов на Европейском Севере России. Апатиты, 2010. – 305 с.
13. Перовский В.А. Где взять радиоактивные отходы для Сайды? [Электронный ресурс]: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2838> (дата обращения 23.05.11).
14. Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Комлев В.Н. и др. Печенгская глубинная и другие гидротермальные системы: новый взгляд на изоляцию ядерных материалов от биосферы // Уральский геологический журнал. – 2001, № 3. – С. 131-153.
15. Перовский В.А. О возможности приповерхностного хранения реакторных отсеков АПЛ, ВНИПИЭТ, 1995 / Нилсен Т., Кудрик И., Никитин А. Доклад объединения “Беллуна” “Северный флот. Потенциальный риск радиоактивного загрязнения региона”, 1996. - С. 138.
16. Комлев В.Н., Бичук Н.И., Зайцев В.Г., Мелихова Г.С. О перспективности площадок северо-западной части Мурманской области для размещения радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива / Тез. докладов конференции “Радиационная безопасность: радиоактивные отходы и экология”. – Санкт-Петербург, 1999. - С. 24-25.
17. Сергеев А.С., Богданов Р.В., Комлев В.Н. Оценка геологических формаций северо-западного региона России как среды размещения подземного хранилища радиоактивных

- отходов / Тез. докладов конференции “Радиационная безопасность: радиоактивные отходы и экология”. – Санкт-Петербург, 1999. - С. 88-89.
18. Project-408 in the framework of the UNESCO International Geological Correlation Programme “Comparison of composition, structure and physical properties of rocks and minerals in the Kola Superdeep Borehole (SG-3) and their homologues on the surface” (edited by F.P. Mitrofanov and F.F. Gorbatshevich). Apatity : Geological Institute of Kola Science Centre RAS, 2000. 153 p.
19. SKB&NEDRA Technical Report 92–39. 1992 // Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. CM Gruppen Bromma, 1993. 116 p.



РАСШИРЕНИЕ МОСКВЫ КАК ГЛОБАЛЬНЫЙ ФАКТОР СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

EXPANSION OF MOSCOW BORDERS AS A GLOBAL FACTOR OF REDUCING RISKS AT CONSTRUCTION SITES

УДК 69.035.4

Тамразян А.Г.,

д-р техн. наук, проф., советник РААСН (Московский государственный строительный университет)

Tamrazyan A.G.,

Doctor of Technical Sciences, Advisor of RAASN (Russian Academy of Architecture and Construction Sciences) (Moscow State Construction University)

Высокая концентрация населения, плотность городской застройки, наличие экологически опасных производств, строительство высотных зданий, интенсивное освоение подземного пространства, влекущей за собой более высокую вероятность их отказа, и ряд других причин делают Москву уязвимым и выводят на первый план научно-технической политики в строительстве задачу обеспечения безопасности среды мегаполиса. Решение указанных задач может достигаться за счет применения общего системного подхода, на основе научно обоснованных методов и технологий.

Уровень безопасности, соответствующий научно-техническим и экономическим возможностям города, в общем случае характеризуется:

*вероятностью возникновения техногенных аварий, катастроф, опасных природных явлений и возможным ущербом при этих событиях, выражающейся степенью негативного воздействия на человека и окружающую среду;

*вероятностью перерастания экологической или аварийной обстановки в кризисную, и возникновения чрезвычайной ситуации.

Установления уровня приемлемой безопасности и риска представляет довольно сложную задачу [1]. Для её решения требуется проведение научного анализа экономических, социальных, экологических, демографических и других факторов, взаимосвязь которых определяет развитие общества.

Наблюдаемое в последние годы усиление внимания к инженерной безопасности строительных систем позволило существенно углубить и расширить научную базу принимаемых проектных решений. Это в значительной мере относится к комплексной оценке безопасности градостроительных решений от природных и техногенных воздействий.

Проведенный анализ показывает, что московские жилые дома могут подвергаться значительному числу опасных воздействий, целый ряд которых чреват крушением целостности здания или его части и представляет угрозу для находящихся там людей.

Если в оценке состояния зданий не учитывать потенциальные опасности, то даже при очень хорошей инструментальной проверке не возможно оценить реальный риск здания.

Обеспечение безопасности из политической и социальной области постепенно переходит в инженерную. Строительная наука в такой постановке вопроса играет первостепенную роль [2]. Результаты исследований, проводимых по данной тематике, позволяют надеяться, что решение многих вопросов, связанных с оценкой риска и обеспечением безопасности территорий, строительных объектов возможно и необходимо.

Мегаполис - один из наиболее сложно устроенных инженерных объектов в современном мире. Существование мегаполиса сопровождается целым рядом различных проблем: энергетической, транспортной, экологической и др., а в недалеком прошлом появилась еще одна серьезная проблема - проявления на территориях мегаполисов геодинамических процессов, таких как проседание дневной поверхности на десятки сантиметров ежегодно, крен высотных

зданий, оползневые процессы, образование карстовых воронок и даже повышение сейсмической активности. Эти процессы могут иметь далеко идущие последствия, так как они затрагивают жизненные интересы миллионов людей. Они могут быть вызваны различными факторами: статическим давлением от массивных наземных зданий, повышенным вибрационным фоном от городского наземного и подземного транспорта, образованием депрессионных воронок из-за интенсивной откачки подземных вод и др.

Одним из главных геодинамических процессов, проявляющихся на территориях мегаполисов, являются техногенные движения земной поверхности. Они бывают двух видов: быстрые и медленные. Медленные техногенные движения земной поверхности обусловлены просадками земной поверхности в результате уплотнения или пластичного перемещения горных пород под нагрузкой сооружений, отбора подземных вод, подземной выемки больших масс горных пород, постепенного разрушения целиков, а так же под действием техногенной нагрузки.

Выявлено, что интенсивное использование подземных вод в районах мегаполисов приводит к образованию депрессионных воронок диаметром в десятки километров и глубиной в десятки, а иногда сотни метров. Обнаруживается полная корреляция между интенсивностью опускания земной поверхности и объемом откачанной жидкости. При этом изменяется гидродинамический, химический, температурный режимы водоносных горизонтов, происходит уплотнение горных пород в процессе обезвоживания.

При сопоставлении карт пьезометрических уровней и гидроизогипс водоносных горизонтов с картами опусканий на территории Москвы с начала XX века была зафиксирована взаимосвязь изменения состояния горных пород и техногенной деятельности человека. В отдельных местах, особенно там, где имеются массивные сооружения, величина опускания поверхности достигла нескольких десятков сантиметров.

В таких городах как Лондон, Мехико, Токио установлено непрерывное опускание территории в среднем со скоростью 15 см/год и более вследствие отбора воды из водоносных горизонтов. Интенсивный водоотбор приводит к значительному снижению пластового давления, проявлению процессов вторичной консолидации и депрессионному уплотнению породы. Скорость оседания почти пропорциональна скорости снижения пьезометрических напоров подземных вод.

Опускания происходят не только в результате откачки вод, но и под влиянием статистических и динамических нагрузок. Установлено, например, что вибрации городского транспорта могут проникать на глубину до 70 м, способствуя уплотнению грунта. Например, в некоторых городах Голландии дома, прилегающие к автострадам, наклонены в их сторону. В Москве и Санкт-Петербурге, осадка сооружений до 2,2 мм/год и более возобновилась в зоне улиц, где возросла интенсивность движения транспорта, создавая динамические нагрузки. Авторы этих исследований считают, что в результате антропогенных факторов возникают новые эндогенные процессы. Наиболее интенсивно этот процесс протекает в районах, сложенных сравнительно молодыми неуплотненными рыхлыми породами.

В некоторых случаях предполагают, что проседания территории городов объясняется не только понижением уровня подземных вод и уплотнением рыхлых пород, но и под влиянием дополнительных поверхностных нагрузок, что приводит к прогибаниям толщи земной коры. На основании анализа данных повторных нивелировок вокруг «чаш проседания», которая постоянно углубляется и изменяет свои очертания, по периферии выделяется кольцевая зона относительных поднятий шириной 10-40 км, за пределами которой геодезические знаки имеют тенденцию к спокойному опусканию. Причины поднятия объясняются компенсационными тектоническими движениями, возникшими под влиянием тяжести городских застроек [3].

В последние годы высказывается мнение о возможных проявлениях техногенной, так называемой, наведенной сейсмичности, вызванной существованием крупных мегаполисов, а именно строительством в них небоскребов, многочисленных подземных инженерных сооружений и коммуникаций (туннели метрополитена, коллекторы, трубопроводы).

Случаи проявления наведенной сейсмичности регистрируются так же при заполнении искусственных водохранилищ; закачке жидкости в скважины, ее откачке; при эксплуатации

нефтегазовых месторождений; ирригационных работах. При этом частота и интенсивность землетрясений оказывается выше нормальной для данного района, а очаги землетрясений располагаются в непосредственной близости от инженерных объектов. Исследователи в настоящее время не сомневаются в наличии взаимосвязи между инженерной деятельностью человека и возникновением землетрясений.

Как видно из вышесказанного, многие виды инженерной деятельности человека вызывают опасные геодинамические процессы на различных объектах территорий мегаполисов: многие ученые считают, что интенсивная уплотнительная застройка городских территорий небоскребами и прокладка густых сетей подземных инженерных коммуникаций и сооружений могут активизировать или ускорить развитие геодинамических процессов, что в свою очередь может вызвать непредвиденные аварии и даже катастрофы [4-5].

Учитывая вышеизложенное, можно говорить о геодинамической опасности, которая нуждается в дальнейшей оценке.

Согласно СНиП 110-2-96, для разработки всех видов градостроительной документации, необходимо выполнять оценку геологического риска на основе материалов инженерных изысканий. При оценке геологического риска следует учитывать все возможные случаи активизации существующих и возникновения новых геологических опасностей под воздействием природных и техногенных факторов, а также их негативные последствия в пределах оцениваемых объектов. Геологический риск экономических и социальных потерь при освоении и использовании территории г. Москвы, при строительстве и эксплуатации в ее пределах зданий, сооружений и их систем различного назначения связан преимущественно с развитием карстовых, курстово-суффозионных и суффозионных процессов, оползнеобразованием овражной и речной эрозией, подтоплением территорий. Значительные потери могут возникать в результате отрицательных и положительных деформаций земной поверхности, зданий и сооружений, обусловленных уплотнением, разжижением, разупрочнением, набуханием, морозным пучением и усадкой грунтов, имеющих специфический состав и свойства (СП 11-105-97, части III и IV).

Для большей части территории Москвы, в геологическом строении которой имеются закарстованные массивы карбонатных пород каменноугольного возраста, характерна карстовая опасность и обуславливаемый этой опасностью карстовый риск. Карстовая опасность обычно проявляется в виде быстрых локальных оседаний и провалов земной поверхности диаметром от 2 до 40 м и глубиной от 1-2 до 5-8 м, вызванных гравитационным обрушением кровли подземных карстовых полостей.

Суффозионная опасность и суффозионный риск проявляются практически на всей территории Москвы в пределах участков, сложенных в приповерхностной части водонасыщенными четвертичными флювиогляциальными. Аллювиальными и техногенными дисперсными отложениями песчаного состава, в виде провалов и оседаний земной поверхности, подобных карстовым деформациям, но имеющим обычно меньшую площадь и глубину. Такие опасности и риск могут возникать при проходке и эксплуатации подземных выработок, вскрывающих толщи и прослойки песчаных пород четвертичного, мелового и юрского возраста. Образование суффозионных деформаций возможно при одновременной реализации следующих трех необходимых условий: присутствия в геологическом разрезе разнородных песчаных водопроницаемых пород; гидродинамического воздействия подземных или техногенных вод, движущихся со скоростью, достаточной для размыва и выноса этих пород; наличия свободного пространства, в которое может выноситься разрушенный материал.

Оползневой опасности и риску подвержены примерно 25 % береговых склонов рек Москвы и Сходни в пределах 13 оползневых участков, имеющих, высоту от 15 до 70 м и крутизну 9-17 градусов, в нижних и средних частях которых залегает мощная толща юрских глин. При этом возможна активизация существующих и образование новых глубоких боковых оползней выдавливания и сдвига мощностью до 100 м.

Эрозионная опасность и риск от оврагообразования характерны для многих участков склонов долины реки Москва и ее притоков с нарушенным дерново-растительным покровом,

сложенных преимущественно четвертичными дисперсными размываемыми грунтами разного генезиса.

Опасность и риск от морозного пучения, приводящего к подъему земной поверхности, выдавливанию обломочного материала, свай, столбов, фундаментов и деформациям легких зданий и сооружений проявляются на локальных участках реки Москвы, сложенных в основном четвертичными озерными органоминеральными и органическими водонасыщенными породами, увеличивающими свой объем при промерзании в зиме время. Оттаивание таких грунтов сопровождается усадочными деформациями, которые иногда не полностью компенсируются деформациями сезонного (зимнего) пучения. Подобные деформации земной поверхности, зданий и сооружений, величиной более 50 мм, которые считаются недопустимыми в соответствии со СНиП 2.02.01-83*, могут проявляться при искусственном замораживании водонасыщенных глинистых грунтов разного возраста и генезиса, а также при их набухании.

Оценку геологических рисков и опасностей проектируемых сооружений возможно произвести по результатам оценки актуальной экономической зависимости аналогичных или подобных по типу конструкций после аналогичных по интенсивности разрушающих воздействий или по результатам возможных деформаций оцениваемых объектов, превышающих предельно допустимые значения, установленные в документации на строительство по общей формуле

Уровень риска строительных объектов от геологических опасностей проверяется по формуле

$$P \leq [P], (1)$$

где P - риск нанесения объекту ущерба определенного уровня при опасном воздействии данной интенсивности за срок службы объекта или обозначенный период;

$[P]$ – допустимый риск.

В зависимости от решаемых задач и особенностей источника и объекта опасности, показателями риска могут выступать вероятность события, возможный ущерб.

Величина риска P в общем случае может быть определена по формуле

$$P = P(H) \cdot P(S/H) \cdot P(T/H) \cdot P(D/H) \cdot C, (2)$$

где - $P(H)$ – вероятность возникновения опасности; $P(S/H)$ и $P(T/H)$ – вероятность встречи опасности с рассматриваемым объектом в пространстве и времени; $P(D/H)$ – вероятность нанесения ущерба данного уровня разрушения, гибели людей и т.п.; C – стоимость объекта, численность населения и другие общие показатели.

В качестве объекта опасности примем строительный объект, расположенный на площади S_0 при общей его площади St . В пределах всей оцениваемой территории периодически возникает опасность H . Тогда вероятность поражения любой точки в пределах этой территории равна

$$P(St, S_0) = SH \cdot St^{-1}. (3)$$

При $SH > St$ рассматриваемая вероятность $P(St, S_0) = 1$. Как следует из выражения (3) доля возможных потерь объекта в случае реализации опасности H не зависит от площади объекта поражения. Такая вероятность определяет степень уязвимости объекта при воздействии опасности. Тогда материальный ущерб, представленный в виде площади, пораженной при единичном проявлении опасности H , может быть определена как

$$Dm(H) = Vm(H) \cdot S_0 = SH \cdot S_0 \cdot St^{-1}, (4)$$

где $Vm(H)$ – уязвимость объекта.

Опасность в случае ее возникновения, затрагивает объект с вероятностью $S_0 \cdot St^{-1}$ и при этом каждый раз поражает площадь SH . Отсюда риск поражения единицы площади в пределах территории S_0 во времени и в пространстве опасностью H и полный интегральный риск потерь при этом событии вычисляется соответственно по формулам:

$$R_{sm}(H) = P(H)V_m(H) \quad (5)$$

$$R_m(H) = P(H)D_m(H) = R_{sm}(H)S_o, \quad (6)$$

где $P(H)$ – повторяемость во времени опасности H , численно равная статистической вероятности.

Как следует из формулы (5) удельный риск определяет вероятность поражения оцениваемой территории при воздействии опасности H за единицу времени. Тогда устойчивость (надежность) этого объекта к воздействиям рассматриваемой опасности может быть установлена в виде безразмерной вероятности работы за то же время из выражения

$$P(F|H) = 1 - P(H) \cdot V_m(H) \quad (7)$$

Такой подход позволяет оценить устойчивость любых объектов с использованием ограниченного числа показателей вероятности его безотказной работы. При этом вычисление более одного значения вероятности необходимо только в случае оценки устойчивости объектов, подверженных опасностям разного характера и интенсивности, приводящий к несопоставимым потерям объектов.

Полное значение риска поражения, полученное по формуле (4) определяет условную скорость потери объекта в пределах данной территории. Рассмотренные математические модели обеспечивают оценку риска от одномоментных, не постоянно действующих опасностей и позволяют оперативно проводить предварительное ранжирование объектов различных типов по возможным потерям от различных техноприродных ЧС.

Использование такой модели позволит:

1. установить надежность (безопасность) зданий и сооружений исходя из единого для всех критерия допустимого риска, учитывая при этом все реально возможные воздействия техноприродных ЧС и их социальные, экономические и другие последствия;
2. производить по указанному критерию обоснованные сравнения вариантов проектных и предпроектных решений по строительству и освоению новых территорий;
3. перейти к государственному управлению риском. Такое управление предполагает ограничение всех видов новой и существующей деятельности, включая строительство и модернизацию гражданских объектов в зонах повышенного риска без осуществления комплекса профилактических мероприятий по снижению его допустимого уровня.

Однако ресурсы повышения уровня безопасности по сравнению с ожидаемыми экономическими и социальными выгодами всегда ограничены, поэтому необходимо выполнять поиск оптимальных решений по обеспечению безопасности, как на уровне строительного объекта, так и на макроуровне города [6].

Эффективное использование научных разработок безопасности градостроительных проектов приводит к качественно новому уровню использования присоединяемых территорий Москвы. Уровень безопасности, удовлетворяющий общество, выбор её стратегии, с учетом путей развития экономики, инвестиционных намерений осуществляется исходя из принципов безопасности и комфортности проживания на данной территории.

Библиографический список

1. Закон г. Москвы «О защите населения и территорий города от ЧС природного и техногенного характера от 5.11.1997 г. №46.
2. Забегаев А.В., Тамразян А.Г. Влияние техноприродных чрезвычайных ситуаций на степень уязвимости общества. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. №12, 2000.
3. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. - М: Недра, 1988.

4. *Алексеев В.К., Батугин А.С., Батугина И.М., Гэранькин Н.В. и др.* Геодинамическое районирование территории Московской области. Ступино: «СМТ», 2003.
5. *Яницкий И.Н.* «Уникальные геотектонические особенности размещения города Москвы» «Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения граждан» (Сборник докладов). - М.: МГСУ, 9-10 ноября, 2005. - С. 300-305.
6. *Сергеев С.К., Теличенко В.И., Колчунов В.И. и др.* Менеджмент систем безопасности и качества в строительстве: Учеб. пособие. - М.: Издательство АСВ, Ассоциация «Вузсертинг» 2000. - 570с.



Экспериментальные исследования работы конструкций

ВЫСОТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО КАК ОДИН ИЗ ВИДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА HIGH-RISE BUILDING AS A TYPE OF AIRSPACE USE

УДК 69

Мельников А.Б.

ООО «ИНФОРМАВИАСЕРВИС» Директор.

Melnikov A.B.

Director of INFORMAVIASERVICE OOO

Аннотация

Расширение больших городов в настоящее время, иногда возможно только за счет высотного строительства. Строительство высотных зданий и зданий повышенной этажности связано с использованием воздушного пространства городов. Кроме этого, здания также должны обладать высоким уровнем надежности и ответственности.

В статье рассматриваются правовые и градостроительные аспекты высотного строительства, механизмы взаимодействия застройщиков с организациями, осуществляющими навигацию.

Summary

Nowadays, some metropolitan areas may expand only by growing vertically. Construction of high-rise and multi-storey buildings is connected with usage of city airspace. Besides, the buildings should be characterized by a high level of operational reliability and criticality.

The paper addresses a number of legal and town-planning aspects related to high-rise construction, mechanisms of interactions between developers and air navigation service providers.

Ключевые слова:

Высотное строительство, безопасность, препятствия, аэропорт, воздушное пространство.

Key words:

High-rise building Safety Obstacles Airport Air space

При проектировании новых зданий очень важен выбор места строительства. Территориальные ресурсы города ограничены и практически невозобновляемы, поэтому они требуют особого внимания при реализации градостроительных программ и при проведении инженерных изысканий. Важность полноты и качества инженерных изысканий определяется тем, что из-за ограниченности территориальных ресурсов город растёт «вверх и вглубь». Рассмотрим более подробно вариант роста зданий и сооружений вверх и в связи с этим, вопросы влияния строительства высотных объектов на элементы структуры воздушного пространства, находящихся в границах района аэродрома и приаэродромной территории.

Здания повышенной этажности во всем мире относятся к объектам высокого уровня ответственности и класса надежности. Это обусловлено не только технологическими, конструктивными, но и в значительной степени и мерам комплексной безопасности, принимаемыми на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации. Возникновение и развитие аварийных ситуаций в зданиях повышенной этажности, как показывает опыт, имеет порой очень тяжелые последствия. И наше российское законодательство предусматривает в частности необходимость целого ряда мероприятий по согласованию строительства высотных зданий с авиационными структурами как с целью обеспечения безопасности самих зданий, так и воздушных судов, выполняющих полеты над ними. Данные положения изложены в Воздушном Кодексе Российской Федерации и Федеральных Правилах использования воздушного пространства. Так в ст. 47. Воздушного Кодекса говорится о необходимости согласования с собственником аэродрома зданий, сооружений, линий связи, электропередач, башен сотовой связи и т.д., размещаемых в районе аэродрома, а также о необходимости согласования разме-

щения объектов, в зоне действия систем посадки, вблизи объектов радиолокации и радионавигации, а также радиоизлучающих объектов со структурами Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиацией) и органами Единой Системы организации воздушного движения.

Кстати согласно ст. 11 того же Воздушного Кодекса Российской Федерации, высотное строительство относится к одному из видов использования воздушного пространства. Поэтому при проектировании и возведении высотных зданий и сооружений необходимо учитывать требования федерального воздушного законодательства нашей страны.

Федеральные правила использования воздушного пространства конкретизируют требования к согласованию препятствий в районе аэродрома, предписывают согласование со старшим авиационным начальником аэродрома проектирования и строительства любых объектов в границах приаэродромной территории радиусом 30 км и говорят о согласовании объектов вне района аэродрома истинной высотой, то есть высотой от земли 50 м и выше.

Кроме этого существуют Федеральные Авиационные Правила "Сертификация аэродромов" и "Размещение маркировочных знаков и устройств на зданиях, сооружениях, линиях связи, линиях электропередачи, радиотехническом оборудовании и других объектах, устанавливаемых в целях обеспечения безопасности полетов воздушных судов", в которых также рассматриваются вопросы строительства искусственных препятствий, их маркировки и светоограждения.

Существуют также ведомственные документы, которые расписывают, какие на аэродроме существуют ограничительные поверхности и при каких условиях то или иное препятствие будет являться критическим для аэродрома.

Профессионалы строительной отрасли отмечают, что деятельность по строительству, создающая повышенную опасность для окружающих, и предполагающая наличие очевидных рисков населения, ущерба правам, законным интересам, здоровью граждан, требует особых методов контроля на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации.

«ИНФОРМАВИАСЕРВИС» на протяжении 10 лет является центром, где собирается, обрабатывается и распространяется аэронавигационная информация по Приволжскому и Уральскому федеральным округам. Залог достоверности документов аэронавигационной информации в том, что исходные данные мы получаем от первоисточника. В нашем случае мы работаем как с аэропортами, так и с организациями, которые строят высотные искусственные препятствия. Напомню, под искусственными препятствиями понимаются все объекты в радиусе 30 км от контрольной точки аэродрома в районе аэродрома и объекты выше 50 м вне района аэродрома.

Хочу обратить ваше внимание на то, что за согласованием обращаются далеко не все строительные и проектные организации, занимающиеся вопросами высотного строительства. Это происходит из-за незнания или нежелания выполнять требования воздушного законодательства Российской Федерации. Многие организации ссылаются на Градостроительный Кодекс, дескать в нем не содержится требований по согласованию с авиационными структурами. Но и в этом документе есть ссылки, что если то или иное в Градостроительном Кодексе не описано, то руководствоваться следует иными законодательными актами. Незнание Закона не освобождает от ответственности. Наша организация ведет широкую разъяснительную работу с Экспертизами, СРО строителей и проектировщиков и с Застройщиками непосредственно, путем письменного разъяснения, обо всех статьях воздушного законодательства относящегося к установке, маркировке и согласованию искусственных препятствий.

Механизм взаимодействия с Застройщиками следующий. Организация, заинтересованная в строительстве объекта письменно обращается в нашу компанию с Заявкой, в которой описывает свой объект с указанием места строительства, географических координат и высот. На договорной основе наша организация выполняет работы по проведению оценки расположения данного объекта относительно элементов структуры воздушного пространства, в т.ч. влияние этого объекта на безопасность полетов и готовит Отчет, в котором описывается данный объект относительно каждого аэродрома расположенного в этой местности. По желанию Застройщика мы можем провести необходимые мероприятия для согласования

объекта с соответствующими структурами, т.е. выполнить весь комплекс работ и согласований «под ключ», что значительно сокращает время прохождения согласования. Это также дает уверенность Застройщику в том, что после прохождения в нашей компании оценки и согласования объекта информация о высотном объекте будет внесена в документы аэронавигационной информации - это сборник и карты аэронавигационной информации, которые находятся на борту воздушного судна. И специальной телеграммой НОТАМ аэропорты и авиакомпании будут извещены о том, что данный объект построен. Это нужно для того, чтобы пилоты знали об этом искусственном препятствии. По предоставлению аэронавигационной информации наша организация взаимодействует с аэропортами Приволжского, Уральского и частично Южного Федерального округа, авиакомпаниями малой авиации, а также с госавиацией – это полиция, МЧС и военные.

Мы понимаем, что возможности развития городов вширь ограничены, и в этом плане строительство на землях около аэродрома зачастую является весьма заманчивым. Однако необходимо учитывать, что вокруг аэродрома существуют зоны с повышенным авиационным шумом, который зачастую делает проживание в таких домах мягко говоря некомфортным. Кроме этого существуют определенные зоны, которые должны быть свободны от искусственных препятствий, а в других должен обеспечиваться необходимый запас высоты пролета над искусственными препятствиями. Администрации аэродромов направили в адрес муниципалитетов сведения о своих границах приаэродромной территории, однако в ряде случаев муниципалитеты по непонятной причине выдают соответствующие разрешения без учета требований воздушного законодательства Российской Федерации.

Поэтому мы предлагаем, перед тем как начать строительство, обратиться в соответствующую организацию, к примеру как наша, для получения всех необходимых расчетов по влиянию на существующие элементы структуры воздушного пространства, и если это необходимо соответствующих согласований с авиационными структурами. После получения таких документов можно с уверенностью говорить, что одна из составляющих комплексного подхода к обеспечению безопасности соблюдена.

Предлагаемый нами подход к решению вопроса согласования с авиационными структурами нам представляется весьма полезным и удобным. Наличие аналитических расчетов снимает значительную часть вопросов, которые могут возникать у представителей аэропортов и ограждает строительные организации от необоснованных требований или попыток получить денежные средства за согласование тех объектов, которые возможно и не подпадают под требования существующего законодательства.



БЕЗАВАРИЙНАЯ РАБОТА СОЕДИНЕНИЙ ЛСТК НА ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЕПКАХ И ВИНТАХ

ACCIDENT-FREE OPERATION OF LSTK (LIGHT STEEL THIN-WALL STRUCTURES) USING POP-UP RIVETS AND SCREWS

УДК 624.014

Катранов И.Г.,

аспирант кафедры «Испытания сооружений» ГОУ ВПО МГСУ,
ведущий инженер проекта ООО «Ремэкспо ЛТ»

Katranov I.G.,

post-graduate student at the Chair "Testing of installations", GOU VPO MGSU (State Educational Institution of Higher Professional Education Moscow State Construction University),
Leading Project Engineer, Remekspo LT OOO.

Аннотация

Применение большого количества тонкостенных конструкций требует совершенствования узлов соединения таких конструкций. Перспективными крепежными элементами являются вытяжные заклепки и самосверлящиеся самонарезающие винты.

В то же время широкое применение таких креплений требует новых исследований, направленных на повышение качества монтажа легких стальных тонкостенных конструкций.

Статья посвящена изучению несущей способности и стабильности работы вытяжных заклепок и самонарезающих винтов.

Summary

Extensive use of thin-walled structures requires further improvement of connections for such structures. Pop-up rivets and self-drilling self-tapping screws are fixture elements that prove to be the best solution for the above applications.

At the same time, extensive use of such fixtures requires new studies aimed to improve the quality of assembly operations on steel thin-walled structures.

The paper focuses on the study of load-bearing capacity and operational stability of pop-up rivets and self-tapping screws.

Ключевые слова:

Крепеж, соединения, тонкостенные конструкции, заклепки, саморезы.

Key words:

Mounting hardware, connections, thin-walled structures, rivets, self-tapping screws.

Стабильная и безаварийная работа соединений и узлов строительных конструкций, в том числе легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК), зависит от ряда факторов:



Схема 1. Факторы, влияющие на стабильность работы соединения.

В настоящей статье описаны основные факторы, влияющие на безопасную работу соединений, приведены рекомендации по увеличению надежности соединений на вытяжных заклепках и винтах.

Одной из отличительных особенностей ЛСТК, является то, что соединение гнутых профилей, осуществляется преимущественно с помощью вытяжных заклепок и самосверлящих самонарезающих винтов. [1]



Рис. 1. Вытяжные заклепки и самосверлящие самонарезающие винты.

Качество соединяемого материала

Гнутые профили изготавливаются методом холодной гибки в валках листогибочной машины или на линиях автоматизированного профилирования. Качество материала, а именно тонколистовой оцинкованной стали регламентируется в России согласно ГОСТ 14918-80 (толщиной до 2,5 мм) и ГОСТ Р 52246-2004 (толщиной до 4 мм). Испытание стандартных образцов стали производится по методике ГОСТ 11701-84 и ГОСТ 1497-84.

Качество крепежного элемента

Качество крепежных элементов, а именно вытяжных заклепок и винтов в связи с Федеральным законом «О техническом регулировании» [2], должно быть регламентировано в Национальных стандартах и Стандартах организаций. При этом необходимо существование стандартов регламентирующих основные характеристики крепежных элементов и методики испытания, в том числе минимальные разрушающие нагрузки и их необходимую обеспеченность для тех или иных видов крепежа. Примером подобной системы может являться система стандартов ISO на вытяжные заклепки.

Важным условием является наличие внутренней многоступенчатой системы контроля качества, действующей в организациях на пути от выбора применяемого материала для изготовления крепежа, непосредственно процесса изготовления и приемочного контроля. Должны существовать утвержденные методики испытаний различных крепежных элементов для определения прочностных характеристик соединений. Наличие и функционирование соответствующей системы непосредственно влияет на качество применяемого крепежа и надежность соединений.

На данный момент в России отсутствуют специализированные нормы, регулирующие описанные параметры для винтов и вытяжных заклепок.

Вследствие недостаточного развития нормативной базы в России существует реальная проблема насыщенности рынка дешевым некачественным крепежом. [3]

Правильный подбор крепежа

Крепеж должен подбираться в зависимости от назначения и характеристик скрепляемых материалов.

Так, для заклепок это оптимальная длина гильзы, для скрепления определенной толщины пакета. Длина расклепываемой части гильзы вытяжной заклепки, должна быть достаточной для формирования головки необходимого размера. [4]

Так, по результатам проведенного эксперимента заклепка с длинной гильзой, подобранной в соответствии с рекомендациями производителя показывает более стабильную работу, чем

подобранная без учета рекомендаций. Подобная разница обусловлена некорректным деформированием гильзы вытяжной заклепки при превышении допустимой длины.

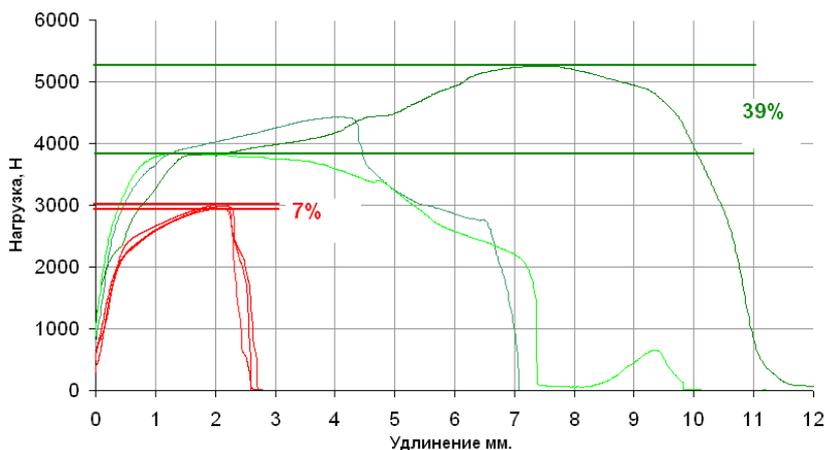


Рис. 3. Стабильность работы на срез соединения на вытяжных заклепках диаметра 4,8 мм при соблюдении рекомендуемой длины гильзы – 7% и заклепках диаметра 6,4 мм при гильзах большей длины – 39 %.

Для винтов важными характеристиками является рекомендуемая толщина скрепляемого пакета, зависящая от шага и длины резьбы винта, угла и профиля резьбы, а также глубина сверления, зависящая от длины и типа сверла.

При подборе крепежных элементов необходимо исключать сочетания материалов крепеж/скрепляемый материал, образующих гальваническую пару и вызывающих электрохимическую коррозию. Так, крепежные элементы могут быть стальными, из алюминиевых сплавов или нержавеющей стали.



Рисунок 4. Электрохимическая коррозия вытяжных заклепок и винтов.

Два различных по химической активности металла (а именно крепежный элемент и соединяемый материал) под воздействием окружающей среды могут образовывать гальваническую пару, при этом процесс коррозии более активного металла будет ускоряться в несколько раз, приводя к снижению несущей способности крепежного элемента и соединения в целом.

Расчет соединения на прочность

Прочностной расчет соединений ЛСТК должен осуществляться по утвержденной методике, учитывающей конструктивные особенности вытяжных заклепок и винтов.

Действующие в настоящее время в России нормативы не учитывают особенностей расчета работы винтов и заклепок в ЛСТК. [5]

Требуется актуализировать действующие нормы по проектированию и разработать дополнительные нормы для расчета заклепочных и винтовых соединений.

Качество монтажа

Качественный монтаж также влияет на работу соединений ЛСТК. При установке вытяжных заклепок, качество выполнения отверстий играет существенную роль. При применении специального крепежа необходимо следовать инструкциям производителя, применяя соответствующий инструмент. Так при применении головок заклепочного инструмента не предназначенных для установки усиленных заклепок, сердечник вытяжной заклепки не откусывается, а протягивается сквозь гильзу. Несущая способность такого соединения существенно отличается от нормативных показателей, что показано на диаграмме по результатам проведенного эксперимента.

Важным параметром для винтов является момент при завинчивании и скорость вращения при установке самосверлящего винта. При превышении крутящего момента может произойти проворачивание винта в пакете или скручивание головки. При превышении скорости, сгорание сверла и соответственно уменьшение заявленной толщины сверления.

При установке винтов необходимо использование бит и насадок, соответствующих типам шлицев и головок.

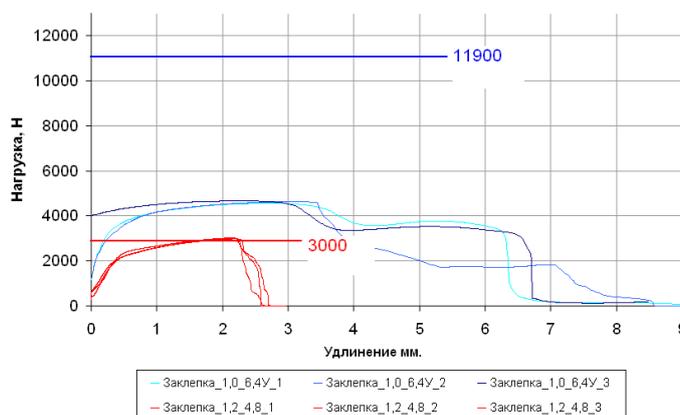


Рис. 5. Диаграмма работы вытяжной заклепки 4,8 мм и усиленной заклепки 6,4 мм установленной не корректно. Сравнение с нормативным показателем (отчеркнуто линией).



Рис. 6. Сорванная головка и сгоревшее сверло винта.

Эксплуатация соединения

При различных условиях эксплуатации соединений тип применяемого крепежа и его материал должны различаться. Так в условиях повышенной агрессивности окружающей среды, внимание должно уделяться коррозионной стойкости соединений. Необходима разработка

рекомендаций, регламентирующих применение тех или иных типов крепежа в зависимости от агрессивности окружающей среды, а также условий механических воздействий на соединение.



Рис. 9. Последствия аварий ЛСТК.

Выводы

Вытяжные заклепки и самосверлящие самонарезающие винты являются перспективными типами крепежных элементов, уменьшающими стоимость легких металлоконструкций и повышающими производительность труда. Однако для более широкого их применения в строительстве и интенсивного развития области легких стальных тонкостенных конструкций в целом, требуется проведение научных исследований, обобщение накопленного опыта применения и проведение испытаний с целью составления рекомендаций по расчету и применению заклепочных и винтовых соединений, что позволит значительно повысить их надежность и безаварийную эксплуатацию. Научные изыскания по данной тематике, ведутся на кафедре «Испытания сооружений» ГОУ ВПО МГСУ.

Библиографический список

1. Катранов И.Г. «Винты в соединениях легких стальных тонкостенных конструкций. Ассортимент и область применения». Журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», 3(134), 2010.
2. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 30.12.2009.
3. Орлов И.В. «Кто ломает рынок крепежа». Журнал «Технологии строительства» 1(49)/2007.
4. Катранов И.Г., Кунин Ю.С. «Вытяжные заклепки в узлах соединений легких стальных тонкостенных конструкций. Ассортимент и область применения», журнал "Промышленное и гражданское строительство" №3/2010.
5. Айрумян Э.Л. «Рекомендации по расчету стальных конструкций из тонкостенных гнутых профилей», журнал «СтройПРОФиль» 8-09.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЕПОК И ВИНТОВ В СОЕДИНЕНИЯХ ЛСТК EXPERIMENTAL STUDIES OF OPERATION OF POP-UP RIVETS AND SCREWS OF LSTK (LIGHT STEEL THIN-WALL STRUCTURES)

УДК 624.014

Катранов И.Г., аспирант

Кунин Ю.С., канд. техн. наук, профессор ГОУ ВПО МГСУ,

ИСА, кафедра «Испытания сооружений»

Katranov I.G., a post-graduate student

Kunin Yu.S., Candidate of Technical Sciences, Professor at GOU VPO MGSU (State Educational Institution of Higher Professional Education Moscow State Construction University), Institute of Construction and Architecture (ISA), Chair "Testing of installations"

Аннотация

В статье представлены результаты экспериментального изучения характера работы и разрушения соединений на вытяжных заклепках и самосверлящихся винтах.

По результатам работы сделаны выводы о целесообразности применения соединений легких стальных тонкостенных конструкций при помощи вытяжных заклепок и самонарезающих винтов.

Summary

The paper presents the results of experimental study of operational modes and structural failures of connections with pop-up rivets and self-tapping screws.

Based on the results of the study, the authors provide conclusions on feasibility of using pop-up rivets and self-tapping screws for light thin-walled structure connections.

Ключевые слова:

Заклепки, винты, соединения, узлы, крепеж, отказ.

Key words:

Rivets, screws, connections, assembly units, mounting hardware, failure.

Легкие стальные тонкостенные конструкции получают всё большее распространение в строительстве. В область применения ЛСТК входят каркасы зданий, стропильные и ферменные конструкции, подсистемы навесных фасадов с вентилируемым зазором, элементы несъемной опалубки.



Рисунок 1. Область применения ЛСТК.

Профили для ЛСТК, изготавливаются из оцинкованного листа толщиной до 4 мм [1], [2] методом гибки на листогибочных машинах и линиях автоматизированного профилирования.

Суммарная масса цинка на двух поверхностях рулонной стали должна составлять не менее 275 г на кв. м, что обеспечивает коррозионную стойкость профилей в течение не менее 25 лет при эксплуатации каркаса в условиях неагрессивной или слабоагрессивной среды. [3]

Одной из отличительных особенностей ЛСТК, является то, что соединения гнутых профилей, осуществляются преимущественно с помощью вытяжных заклепок и самосверлящих самонарезающих винтов. [4]

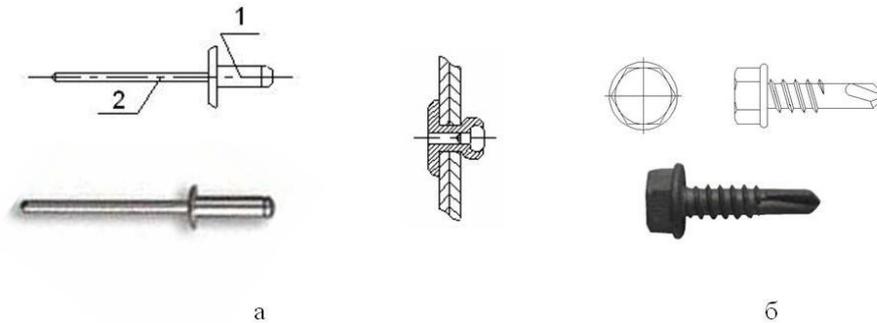
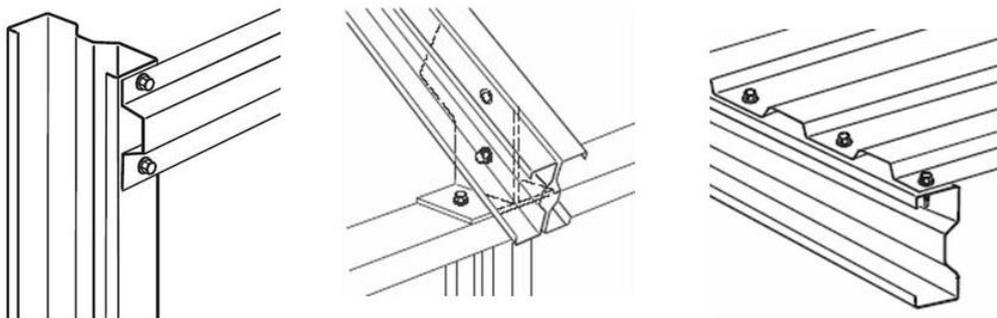


Рисунок 2. Вытяжная заклепка (а) и самосверлящий самонарезающий винт (б).

Соединения ЛСТК на вытяжных заклепках и самосверлящих самонарезающих винтах работают на срез либо на растяжение, также возможны случаи комбинированного нагружения. Особенности работы данного нового вида крепежа, ввиду интенсивного развития ЛСТК, применительно к тонколистовой стали требует детального изучения.



к 3. Узлы ЛСТК.

Рассмотрим возможные типы отказов соединений ЛСТК на вытяжных заклепках и винтах.

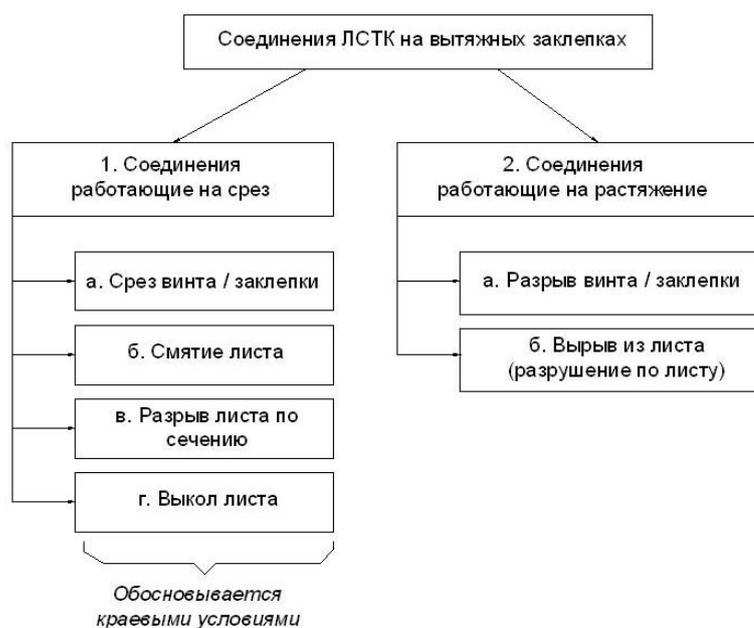


Схема 1. Типы отказов соединений ЛСТК на вытяжных заклепках и винтах.

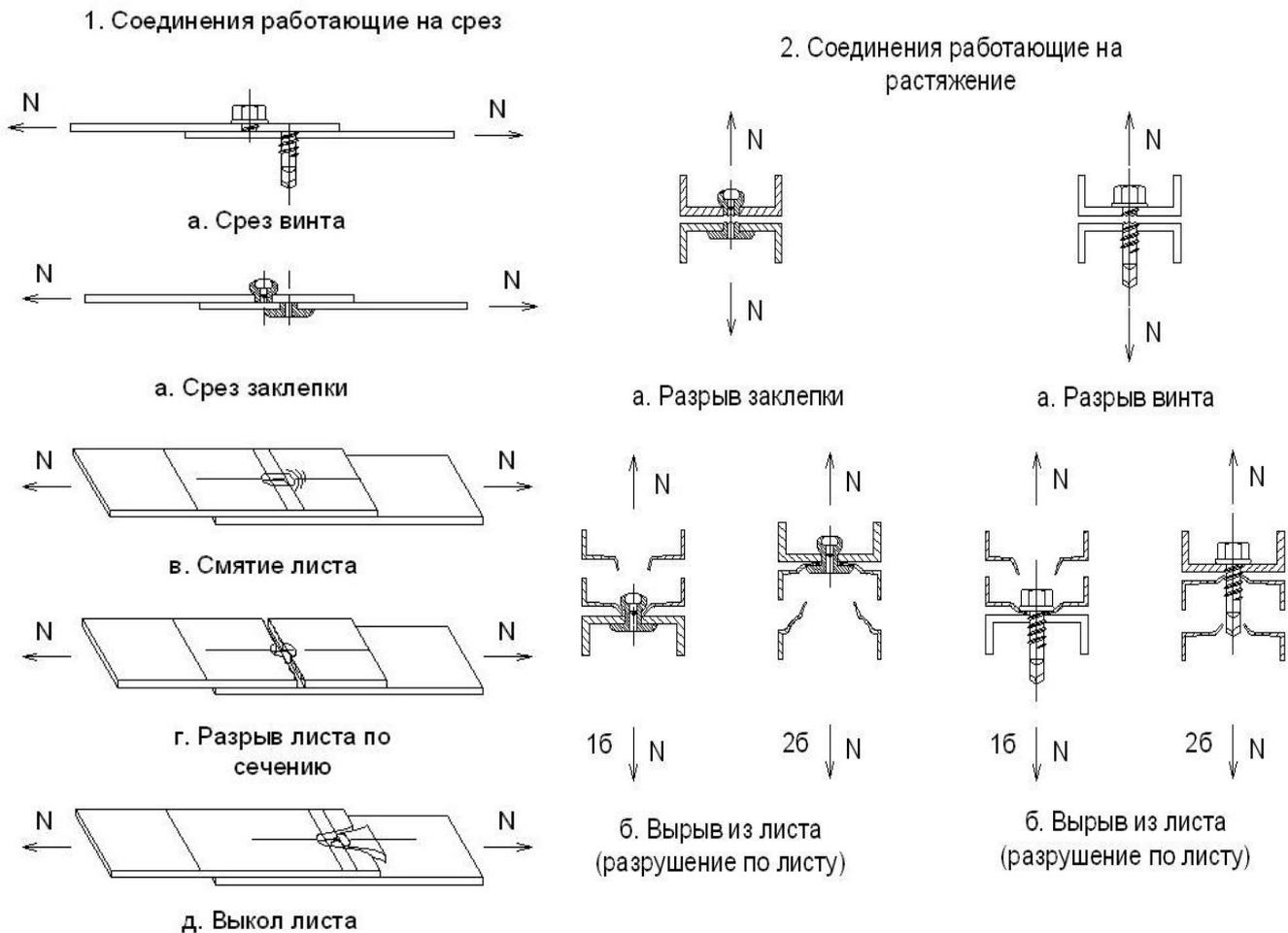


Рисунок 4. Типы отказов соединений ЛСТК на вытяжных заклепках и винтах

Вырыв из листа (разрушение по листу) при работе соединения на растяжение возможен как со стороны формируемой головки заклепки, так и вырыв листа со стороны опорной поверхности бортика. [5] Аналогично и у винтовых соединений, как по резьбе, так и вырыв листа через пресс-шайбу винта.

Целью настоящей работы являлось подробное экспериментальное изучение характера разрушения и работы на срез соединений на вытяжных заклепках и самосверлящих самонарезающих винтах. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры «Испытание сооружений» (МГСУ).

Для испытаний соединений на срез были изготовлены специальные образцы. Каждый образец представлял собой две пластины из оцинкованной стали, марки С255, соединенные между собой вытяжной заклепкой или самосверлящим самонарезающим винтом. В соединениях применялись вытяжные заклепки марки Harpoon диаметром 4,8 мм из углеродистой стали марки С 1008, с длиной гильзы применяемой согласно рекомендациям производителя в зависимости от толщины скрепляемого пакета и самосверлящие самонарезающие винты Harpoon диаметром 4,8 мм по DIN 7504К. Диаметр крепежных элементов 4,8 мм был выбран, как наиболее широко распространенные в ЛСТК.

Ширина образцов (b) для испытаний на срез и растяжение принята равной 30 мм, аналогично образцам для испытаний Таблицы 15 ГОСТ Р 52246-2004 [2] и [6]. Ъ

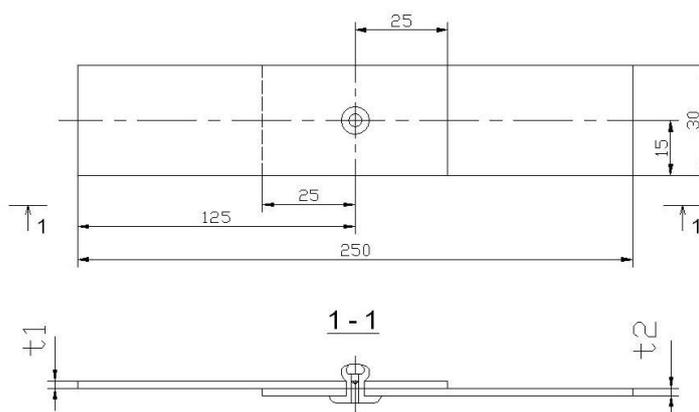


Рисунок 5. Образец для испытания соединений на срез:
1 – вытяжная заклепка; 2 – соединяемые пластины.



Рисунок 6. Образец для испытания
соединений на срез.

№	Крепежный элемент	Размеры, мм					Материал	Стандарт производства
		d	D _к	K	F	L		
1	Вытяжная заклепка Harpoon	4,8	9,5	1,1	5,0	6	St/St	ISO 15979:2002(E)
2	Вытяжная заклепка Harpoon	4,8	9,5	1,1	5,0	8	St/St	ISO 15979:2002(E)
3	Винт самосверлящий само- нарезающий Harpoon	4,8	-	-	-	19	St	DIN 7504K

Таблица 1. Геометрические характеристики крепежных элементов.

Испытания проводились на испытательной машине Instron модели 3382 в комплектации для испытания металлов.

Испытания проводились сериями по три образца каждого типа. Различия в результатах в серии не превышали 10%, что говорит о стабильной работе крепежных элементов и материала

пластин, а также хорошем качестве подготовки образцов. Средние результаты по серии представлены в таблице 2, а также на основании полученных результатов построены диаграммы нагрузки/удлинения.

N образца	Толщины соединяемых пластин $t_1=t_2$, мм	Тип крепежного элемента	N(max) (kN)	Деформация при N(max), мм	Тип отказа
1.1	0.50	Вытяжная заклепка 4,8 St/St	1818.8	0.98	Смятие материала
1.2	0.70		2630.4	3.96	Смятие материала
1.3	1.00		2822.6	2.58	Срез заклепки
1.4	1.20		2980.0	2.21	Срез заклепки
1.5	1.50		3122.1	1.77	Срез заклепки
1.6	2.00		2987.7	1.71	Срез заклепки
2.1	0.50	Винт самосверлящий самонарезающий 4,8 мм DIN7504K	1210.5	3.04	Смятие материала
2.2	0.70		1791.6	2.57	Смятие материала
2.3	1.00		2943.7	3.20	Смятие материала
2.4	1.20		3988.2	3.12	Смятие материала
2.5	1.50		5134.8	3.73	Смятие материала
2.6	2.00		6709.8	2.82	Срез винта

Таблица 2. Результаты испытаний образцов на срез.

На основании полученных результатов и построенных диаграмм, возможно сравнить работу вытяжных заклепок и винтов в соединении ЛСТК.

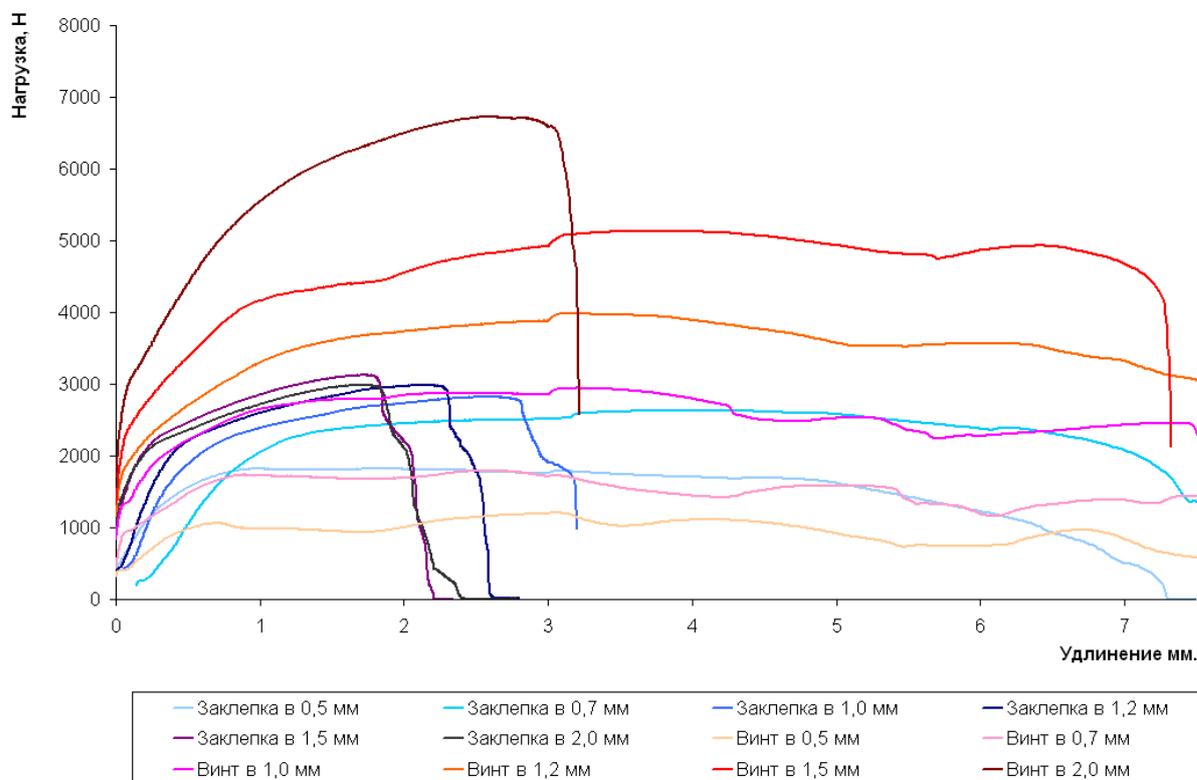


Диаграмма 1. Работа на срез соединений на вытяжных заклепках и винтах.

Последовательно рассмотрим процесс работы под нагрузкой соединений на вытяжных заклепках и винтах при разных типах отказа соединения при работе на срез.

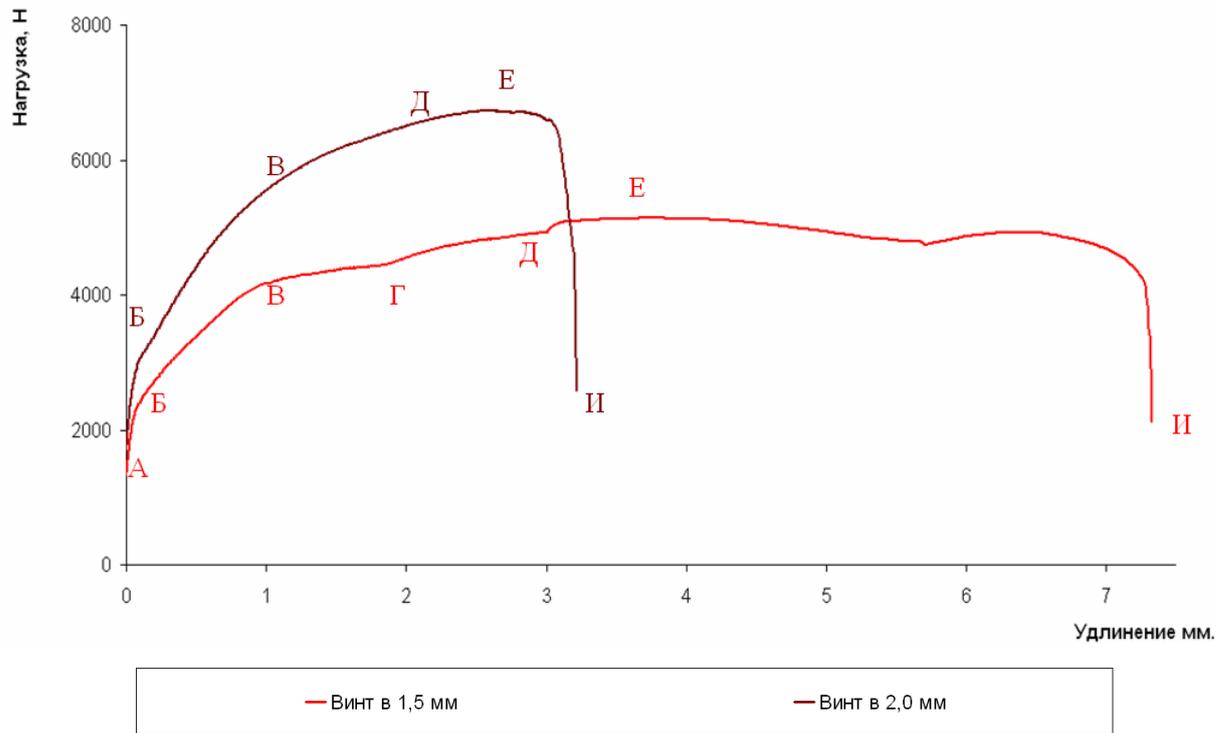


Рисунок 7. Сравнение отказа по крепежу и по материалу на диаграмме нагрузка/удлинение.

Так на начальной стадии диаграммы нагружения соединения на вытяжной заклепке, отчетливо наблюдается зона выбора зазоров (А-В) (Рисунок 7), образованная разницей диаметров вытяжной заклепки и отверстия выполненного в базовом материале, в то время, как в работе соединения на винтах данная зона значительно меньше (А-Б) (Рисунок 8). Переход к упругой стадии работы также происходит стремительней.

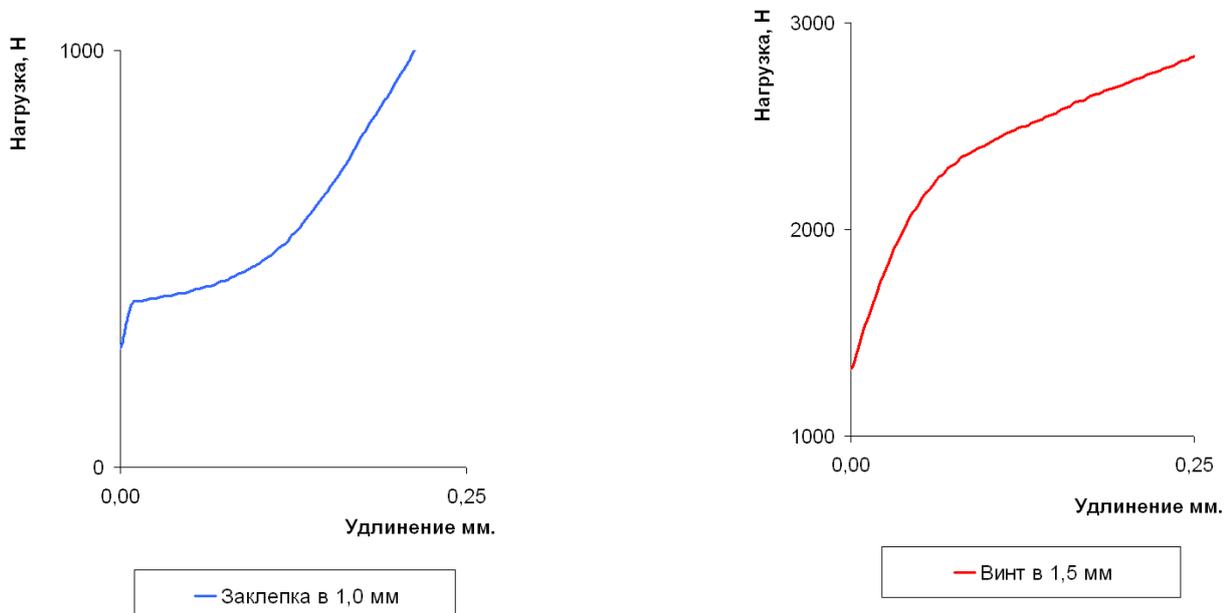


Рисунок 8. Зона выбора зазоров на диаграмме нагрузка/удлинение.

Далее следует стадия упругих деформаций (Б-В). После зоны упругих деформаций при разрушении по материалу следует площадка текучести (В-Г), переходящая в стадию переупрочнения (Г-Д), смятие листа, достижение предела прочности соединения (Е) и окончательный отказ соединения. В случае разрушения по крепежу четко выраженная площадка текучести

практически отсутствует, упругая стадия переходит в стадию переупрочнения с последующим достижением предела прочности.

Необходимо отметить, что при увеличении толщины скрепляемых пластин, стабильность работы соединения возрастает. При соединении тонких пластин особое внимание должно уделяться качественной установке крепежных элементов и подготовке отверстий под вытяжные заклепки.

При отказе по крепежному элементу предел прочности достигается при деформациях в пределах 1,5 – 3 мм, в то время как при отказе по материалу предел прочности в большинстве случаев достигается при 2,5 – 4,5 мм.

При применении винтов и вытяжных заклепок одинакового диаметра 4,8 мм, типы отказов при одинаковых толщинах базового материала различны, и связаны с конструктивными особенностями крепежных элементов.

На основании полученных результатов, возможно сделать вывод о целесообразности дальнейшего исследования работы соединений ЛСТК для подготовки рекомендаций по проектированию и расчету конструкций.

Библиографический список

1. ГОСТ 14918-80 «Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия». – Введ. 1981-07-01. - М. : Изд-во стандартов, 1981.
2. ГОСТ Р 52246-2004 «Прокат листовой горячеоцинкованной. Технические условия». – Введ. 2004-05-09. - М. : ИПК Издательство стандартов, 2004.
3. Айрумян Э.Л., Камынин С.В., Каменщиков Н.И. Журнал "СтройПРОФИль", 1(39), 2005.
4. Катранов И.Г. «Винты в соединениях легких стальных тонкостенных конструкций. Ассортимент и область применения». Журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», 3(134), 2010.
5. Кунин Ю.С., Катранов И.Г. Вытяжные заклепки в метизных соединениях легких стальных тонкостенных конструкций. Ассортимент и область применения. Сборник научных трудов Института строительства и архитектуры. 2009.
6. Айрумян Э.Л., Камынин С.В., Ганичев С.В. «Вытяжные заклепки или самонарезающие винты». Журнал "Монтажные и специальные работы в строительстве», 3, 2009.



НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

NON-DESTRUCTIVE MONITORING DURING INSPECTION OF BUILDING STRUCTURES OF THE CULTURAL HERITAGE FACILITIES

УДК 614.8.084

*Еремин К.И. *, Павлова Г. А. **, Матвеюшкин С.А. ****

ФБГОУ Московский государственный строительный университет «МГСУ (НИЦ)», каф. Испытание сооружений.

** - профессор, ** - докторант, *** - докторант.*

*Eremin K.I. *, Pavlova G.A. **, Matveyushkin S.A. ****

Federal Budget-Funded State Educational Institution (FBGOU) Moscow State Construction University (MGSU), NITS (Scientific and Research Center), Chair "Testing of installations".

** - professor, ** - candidate for doctoral degree, *** - candidate for doctoral degree,*

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы проведения определения технического состояния зданий – объектов культурного наследия с помощью различных методов неразрушающего контроля.

Summary

In this paper, the definition of the technical condition of buildings - cultural heritage through various methods of nondestructive testing.

Ключевые слова:

Неразрушающий контроль, здание, конструкция, повреждаемость, дефект.

Keywords:

Nondestructive testing, building, construction, damage of the defect.

Начиная с конца XX века проблема реставрации и восстановления зданий – объектов культурного наследия становится довольно актуальной. Строительные несущие и ограждающие конструкции зданий в течение длительного периода эксплуатации неизбежно претерпели структурные изменения, накопилось множество дефектов и повреждений. Многие десятилетия из-за отсутствия средств восстановления зданий в большинстве случаев сводилось к «косметическому» ремонту. Однако, не устранив причину появления повреждений конструктивных элементов, невозможно остановить процессы разрушения конструкций. Поэтому восстановительные работы, как правило, начинаются с комплексного технического обследования зданий, целью которого является установление технического состояния объекта на основании результатов неразрушающего контроля, позволяющего обеспечить сохранность исторических объектов. В настоящее время применяются различные инструментальные неразрушающие методы выявления и оценки параметров повреждений объектов культурного наследия. Особенностью применения различных видов контроля являются не только конструктивные особенности сооружений данного типа, но и невозможность нарушения целостности конструкций. Возможность применения основных методов контроля проиллюстрирована на примере определения технического состояния светопрозрачного покрытия фонарей здания ОАО «ТД ГУМ».

В 2011 году специалистами ООО «ВЕЛД» были выполнены работы по обследованию несущих конструкций светопрозрачного покрытия фонарей над торговыми линиями и центрального купола здания ОАО «ТД ГУМ» (г. Москва). В ходе проведенных работ было выполнено визуальное и инструментальное обследование конструкций, выявление дефектов и повреждений металлоконструкций, исследование свойств металла несущих конструкций, оценка пространственного положения конструкций, испытание конструкций, выполнение расчетов по оценке несущей способности с учетом материалов обследования, разработка

рекомендаций и мероприятий по дальнейшей эксплуатации несущих металлических конструкций объекта.

Здание Верхних торговых рядов было построено в 1890—1893 годах по проекту архитектора А.Н. Померанцева, инженеров В.Г. Шухова и А.Ф. Лолейта. Здание выдержано в псевдорусском стиле. Все пространство, занимаемое владением Верхних рядов, не считая новой разрезавшей их по длине улицы, составляло примерно 10 862 квадратных метра. Пространство состояло из 2-х участков, разделенных улицей – Ветошным проездом. Фасадная линия малого корпуса составляла 124 метра по Ветошному проезду. В сущности, все пространство, занимаемое зданиями на главном участке, находилось под крышей, включая железные крыши и стеклянные перекрытия пассажей и исключая лишь небольшие квадраты отверстий снеговых дворики, построенных специально для облегчения очистки снега с рядских крыш и перекрытий.

В центре зданий, на пересечении среднего продольного пассажа со средним поперечным, расположена огромная ротонда, в которую проникает свет сквозь стекла висящего над ней купола. За весь период эксплуатации было проведено четыре реконструкции здания:

- в 1953 году произведена реконструкция здания, при которой все четыре корпуса были объединены в один отапливаемый объем. Покрытие фонарей было выполнено с применением одинарного остекления;

- в 1980 году произведена замена конструкций покрытия фонарей, а в 1983 году – купола, с применением алюминиевых панелей с одинарным остеклением;

- в 2004-2006 годах произведена замена части покрытия фонарей (вдоль ходовых мостиков) на панели из нержавеющей стали и закаленного стекла толщиной 5 мм.

Общий вид сводчатого покрытия приведен на рисунке 1.

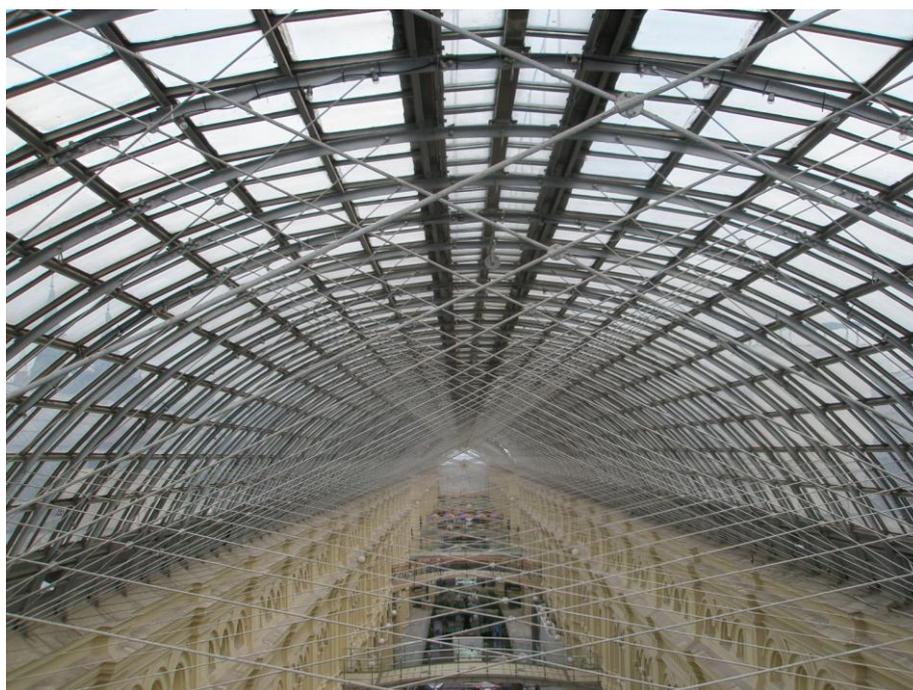


Рисунок 1 – Общий вид сводчатого покрытия

По результатам визуального осмотра выявлены следующие повреждения арок-ферм: искривления тяжей как в плоскости, так и из плоскости ферм-арок; на отдельных арках-фермах тяжи оборваны в местах прикрепления к опорным узлам; некоторые тяжи восстановлены путем установки резьбовых накладок-вставок.

Как правило, искривления или обрывы имеют нижние тяжи, обнаруженные искривления вызваны возникновением в тяжах остаточных деформаций при приложении нагрузок поперек оси тяжа. Возникновение данных повреждений связано с тем, что тяжи используются для

проведения верхолазных работ по обслуживанию покрытия (ремонт, замена ламп освещения и т.п.). В таком состоянии тэжи не работают на восприятие усилий от распора.

При вскрытии опорных узлов арок установлено, что металлические конструкции арок-ферм находятся в удовлетворительном состоянии, имеются следы поверхностной коррозии. В отдельных узлах выявлена коррозия до 100% нижнего прогона на участках примыкания к опорному узлу.

При проведении оценки пространственного положения была применена технология лазерного сканирования с помощью 3D-сканера - IMAGER 5006 «Z+F». Для съёмки объекта применялась технология наземного лазерного сканирования. Основными преимуществами технологии лазерного сканирования являются: высокая детализация сканируемых объектов; возможность съёмки труднодоступных и сложных объектов; минимизация ошибок исполнителей за счет практически полного исключения «человеческого фактора»; создание планов по точечной модели, а не по дискретным измерениям.

Общее количество станций (точек стояния прибора) составило 28. Размещение станций на местности выбиралось из принципа обеспечения максимального покрытия объекта измерениями сканера. Результаты полевого этапа и этапа первичной камеральной обработки представляют собой огромный массив взаимоувязанных измерений по 3 пролетам («сшитое единое облако») в формате ПО PolyWorks (рис. 2). На рисунке 3 показаны фрагменты результатов сканирования.

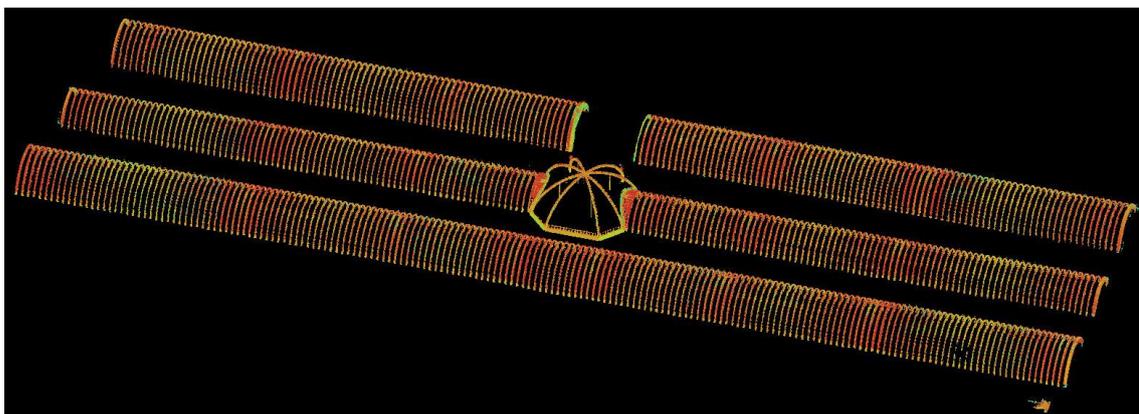


Рисунок 2 – «Сшитое» единое облако точек

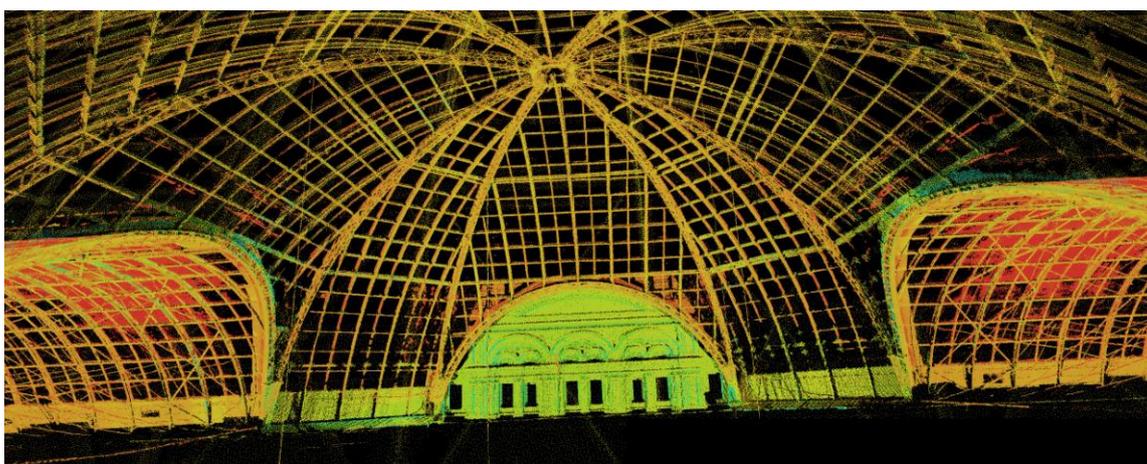


Рисунок 3 – Фрагмент «облака» точек

Контроль качества сшивки сканов проводился по отчётам регистрации от PolyWorks. Дополнительный (визуальный) контроль осуществлялся на всех высотных отметках объекта методом контроля горизонтальных сечений сшитых облаков точек. Это осуществлялась в программной среде Trimble RealWorks Survey. Для оценки точности полученных точечных моделей были построены сечения сшитых облаков точек. На этих сечениях точки были

окрашены в разные цвета, соответствующие различным станциям сканирования. Результаты контроля положительные: максимальные расхождения между точками сканов от разных станций не превысили 5 мм. На следующем этапе камеральной обработки в ПО Trimble Real Works Survey была выполнена очистка облаков точек от «лишних» элементов, не относящихся непосредственно к объекту работ и произведено координирование требуемых точек (рис. 4).

На основании полученных координат характерных точек конструкций произведен анализ и оценка пространственного положения сооружения в целом и отдельных элементов относительно друг друга.

В результате выполненных работ по 3Д сканированию объекта были получены координаты отдельных точек конструкций для последующей обработки и анализа данных, характеризующих пространственное положение конструкций.

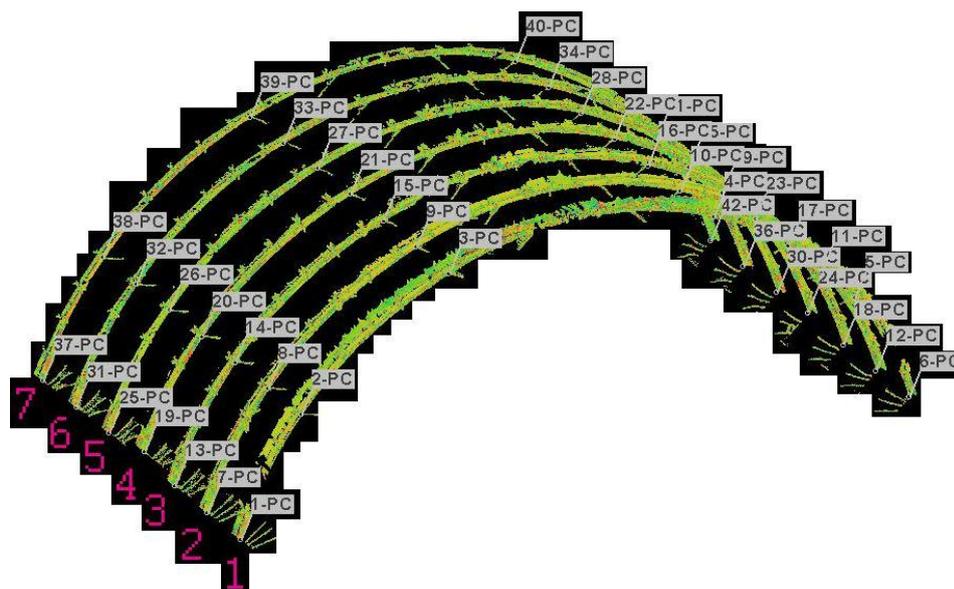


Рисунок 4 – Координирование точек

При выполнении работ был исследован металл несущих конструкций и заклепок арочных ферм. Микропробы отбирались механическим способом без термического воздействия на металл. Исследование включало: проведение металлографического анализа с привлечением методов количественной металлографии (ГОСТ 5639-82, 5640-68); химический и дюрOMETрический анализы; оценку механических свойств, критической температуры хрупкости; оценку свариваемости металла ферм по углеродный эквиваленту $C_{э\text{кв}}$; чувствительность к образованию горячих трещин HCS; измерения твердости по методу Виккерса (ГОСТ 2999-75).

Для изучения действительной работы несущих металлоконструкций покрытия были проведены статические испытания арки-фермы для определения фактического напряженно-деформированного состояния (НДС) металла и оценки адекватности расчетной модели конструкций при определении НДС методом конечных элементов. Испытания проводились в следующей последовательности: установка тензодатчиков на испытываемой арке-ферме; определение первоначальных показаний тензорезисторов (измерение сопротивления); нагружение арки-фермы испытательной нагрузкой; определение показаний тензорезисторов под испытательной нагрузкой.

В результате обследования технического состояния несущих конструкций светопрозрачного покрытия фонарей над торговыми линиями и центрального купола здания ОАО «ТД ГУМ» были разработаны рекомендации по устранению обнаруженных дефектов и повреждений, а также определены основные методы неразрушающего контроля, наиболее применимые для объектов культурного наследия.

Библиографический список

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
2. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия.
3. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия.
4. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции.
5. СП 14.13330.2011. Стальные конструкции.
6. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции.
7. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.
8. ПОТ РО-14000-004-98. Техническая эксплуатация зданий и сооружений.
9. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.
10. Руководство по эксплуатации строительных конструкций производственных зданий промышленных предприятий. 4-е издание. – М.: ЦНИИПРОМЗДАНИЙ.
11. Справочник проектировщика. Металлические конструкции. Под общ. Ред. В.В. Кузнецова. Т.3., - М., изд-во АСВ, 1999.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЛИСТОВЫХ ЛИНЕНО-ПРОТЯЖЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

RELIABILITY ASSESSMENT FOR LINEAL SHEET METAL STRUCTURES

УДК 614.8.084

Павлова Г. А.

ФБГОУ Московский государственный строительный университет «МГСУ(НИЦ)», доктoрант каф. Испытание сооружений.

Pavlova G.A.

Federal Budget-Funded State Educational Institution (FBGOU) Moscow State Construction University (MGSU), NITS (Scientific and Research Center), candidate for doctoral degree at the Chair "Testing of installations".

Аннотация

В статье рассматривается вопрос определения характеристик работоспособности и надежности листовых линейно-протяженных металлических конструкций металлургических предприятий.

Ключевые слова:

Надежность, работоспособность, листовые конструкции, трубопровод, повреждаемость, дефект.

Summary

The paper discusses the characterization of efficiency and reliability of linearly-extended sheet metal construction of metallurgical enterprises.

Keywords:

Reliability, performance, design sheet, pipe-wire, damaging the defect.

Под надежностью понимается свойство системы выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки в определенных условиях эксплуатации. С термином «надежность» следует обязательно применять понятие «работоспособность», определяемую как состояние системы, при котором она способна выполнять заданные функции с параметрами, установленными технической документацией. Но не следует отождествлять работоспособность с исправностью, понятием более широким, чем работоспособность.

Проблема обеспечения работоспособности системы листовых линейно-протяженных металлических конструкций (ЛЛПМК), к которым относятся трубопроводы технологических газов больших диаметров металлургических предприятий, имеет два аспекта: количественное определение надежности и собственно обеспечение требуемого уровня надежности. Надежность системы в большинстве случаев рассчитывается по надежности отдельных элементов. Так как надежность – характеристика, зависящая от условий применения системы и времени, то количественные значения надежности отдельных элементов должны соответствовать определенному типу систем и определенным условиям их применения. Поэтому при вводе в эксплуатацию новых систем ЛЛПМК и в условиях длительной эксплуатации прибегают к периодическим испытаниям систем.

Если надежность как качественная характеристика всегда принималась во внимание при решении вопросов эксплуатации, то количественная оценка надежности стала применяться сравнительно недавно.

Особенностью количественных характеристик надежности является их вероятностно-статистическая природа. В качестве основной количественной оценки надежности системы ЛЛПМК может быть принята вероятность безотказной работы, зависящая от физической природы системы, в которой отказ может произойти по различным причинам: коррозионного, термосилового воздействий, механических повреждений, дефектов сварки, дефектов эксплуатационного происхождения и т.д.

Одной из важных характеристик надежности системы ЛЛПМК является период нормальной эксплуатации, представляющий период времени между двумя отказами. Период нормаль-

ной эксплуатации системы является основным этапом службы оборудования. Длительность его обычно соизмерима со сроком службы системы. Характерная особенность этого периода – появление внезапных отказов. Условная вероятность безотказной работы определяется по формуле:

$$P\left(\frac{t_1, t_2}{t_1}\right) = e^{-\lambda(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

где λ - интенсивность отказов;

$t_2 - t_1$ - интервал времени между двумя отказами.

Если принять $t_1 = 0$, т.е. $t_2 - t_1 = t$, то это время может быть названо временем выполнения задания. Величина, определяемая по формуле (2) называется экспоненциальным законом надежности.

$$f(t) = -\frac{d}{dt} e^{-\lambda t} = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (2)$$

Для периода нормальной работы более удобной единицей оценки является среднее время безотказной работы:

$$T_0 = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}. \quad (3)$$

Отсюда легко можно определить выражение для определения условной вероятности безотказной работы:

$$P(t) = e^{-t/T_0}. \quad (4)$$

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для увеличения надежности работы системы ЛЛПМК необходимо увеличить среднее время безотказной работы отдельных элементов системы.

Завершающим этапом эксплуатации системы является период износа, характеризующийся средним временем безотказной работы до появления износных отказов. Вероятность их появления в интервале времени $t_1 - t_2$ определяется по формуле:

$$q_{(t_1, t_2)} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} e^{-(t - T_0'')^2 / 2\sigma^2} dt, \quad (5)$$

где T_0'' - среднее время безотказной работы системы до появления износных отказов;

σ - среднеквадратическое отклонение времени безотказной работы относительно

T_0'' .

Для сложной системы, состоящей из n элементов, общая вероятность безотказной работы определяется по формуле:

$$P_n = e^{-\sum_{j=1}^n q_j}, \quad (6)$$

где q_j - вероятность отказа j -того элемента, равная $q_j = 1 - P_j$.

Работа любой технической системы должна быть построена таким образом, чтобы исключались сбои в работе, что достигается повышением надежности отдельных элементов, соответствующим выбором режимов работы системы и ее резервированием. В системах ЛЛПМК для повышения надежности работы применяют все три варианта, включая и резервирование элементов системы. В зависимости от того, как используются элементы системы, могут встречаться следующие случаи применения резерва:

- нагруженного (горячего) резерва, когда элемент работает в том же режиме, что и основное оборудование и надежность элементов горячего резерва не зависит от того, когда резерв включается в работу вместо основного оборудования;

- облегченного резерва, когда резервные линии загружены менее основных;
- ненагруженного резерва.

Три вида резервирования системы могут применяться одновременно. При этих условиях рассматривают систему, состоящую из N элементов:

$$N = n + m + l + s \quad (7)$$

где n - число основных элементов; m - число линий горячего резерва; l - число линий облегченного резерва; s - число линий ненагруженного (холодного) резерва. Потоки отказов для n и m линий равны λ , для l линий облегченного резерва поток отказов равен ν . Линии холодного резерва отказов не имеют. Обслуживание системы организовано таким образом, что отказавший элемент начинает немедленно ремонтироваться, для чего задействуются r ремонтных единиц (бригад, участков и т.п.), каждая из которых может ремонтировать в момент времени t только один отказавший элемент. Время ремонта является случайной величиной и распределено по показательному закону с параметром μ . Работа такой системы описывается процессом гибели и размножения, для которого:

$$\lambda_k = \begin{cases} (n+m)\lambda + \nu, & \text{и́дè } 0 \leq k \leq s; \\ (n+m)\lambda + \nu + (s-k)\nu, & \text{и́дè } s < k \leq s+l; \\ (n+m+l+s-k)\lambda, & \text{и́дè } l+s < k \leq N; \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_k = \begin{cases} k\mu, & \text{и́дè } k \leq r; \\ r\mu, & \text{и́дè } k > r. \end{cases} \quad (9)$$

При этих условиях вероятность выхода из строя k элементов системы найдется из выражения:

$$P_k = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{k-1}}{\mu_1 \mu_2 \dots \mu_{k-1}} P_0, \quad (10)$$

где параметры λ_i, μ_i находятся из условий (8,9), величина же P_0 определяется из нормирующего условия:

$$\sum_{k=0}^N P_k = 1. \quad (11)$$

На практике чаще встречаются два случая:

1. Система состоит из n элементов, из них $(n-m)$ находятся в работе, m - горячий резерв, число ремонтных единиц $r \geq n$.

Для этого случая параметры системы определяются условиями:

$$\begin{aligned} \lambda_k &= (n-r)\lambda; \\ \mu_k &= k\mu. \end{aligned} \quad (12)$$

Расчетные зависимости определяются следующим образом:

- вероятность выхода из строя k элементов

$$P_k = C_n^k \frac{\lambda^k \mu^{n-k}}{(n+\mu)^n}; \quad (13)$$

- при наличии одной ремонтной единицы $(r=1)$:

$$P_k = \frac{\frac{1}{(n-k)!} \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{n-k}}{\sum_{l=0}^n \frac{1}{e!} \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^l}; \quad (14)$$

- среднее время безотказной работы системы:

$$T_{m+1} = \frac{\sum_{l=0}^n \left[c_n^{m-1} \frac{\lambda^{l+1}}{\mu} \frac{1}{(l+1)!} + \frac{1}{(n+1-l)!} \right]}{(n+m) c_n^{m+1}}; \quad (15)$$

$$T_n = \sum_{k=1}^n \frac{\left(1 + \frac{\mu}{\lambda}\right)^k}{(n + \mu k)}, \text{ при } r = 1. \quad (16)$$

2. Система состоит из n элементов и неограниченного ненагруженного резерва, для которой $\lambda_k = n\lambda$ и $\mu_k = k\mu$.

Расчетные зависимости для этого случая следующие:

- вероятность выхода из строя k элементов:

$$P_k = \frac{(n\lambda)^k}{k!} e^{-\frac{n\lambda}{\mu}}; \quad (17)$$

- при наличии одной ремонтной единицы $c = 1$:

$$P_k = \left(\frac{n\lambda}{\mu}\right)^k \left(1 - \frac{n\lambda}{\mu}\right) \text{ при } n\lambda < \mu; \quad (18)$$

- среднее время безотказной работы системы:

$$T_{m+1} = \sum_{k=n-m}^n \sum_{l=n}^n \frac{(l-1)! \mu^{l-k}}{\lambda l!} \frac{1}{\lambda}. \quad (19)$$

При расчетах характеристик надежности систем ЛППМК важно знать срок службы системы, который может быть получен в результате статистических исследований в ходе эксплуатации. В случае отсутствия таких данных для расчетов можно воспользоваться формулами (15, 16, 19), принимая за основу при определении λ и μ нормативные сроки службы отдельных элементов системы и нормативное время ликвидации одного отказа.

Библиографический список

1. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. «Техногенный риск и безопасность».- Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2001. - 171 с.
2. Болотин В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. — М.: Машиностроение, 1984. — 312 с.
3. ГОСТ Р 54257-2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
4. Надежность технических систем: Справочник. Ю. К. Беляев, В. А. Богатырев, В. В. Болотин и др.; Под ред. И. А. Ушакова. — М.: Радио и связь, 1985.— 608 с.

О СИСТЕМЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТА ЗА ПЕРЕХОД ЗДАНИЯ В ПРЕДЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ABOUT SYSTEM OF FACTORS OF RESPONSIBILITY OF THE ELEMENT FOR BUILDING TRANSITION IN THE LIMITING CONDITION

УДК 69.07

Сутягин А.Е.

Главный конструктор

ООО «СпецПроект»

Аннотация

В статье анализируется действующая сейчас система коэффициентов надежности при расчете строительных конструкций. Рассматриваются особенности применения на практике метода расчета здания на лавинообразное (прогрессирующее) разрушение. Анализируется соотношение надежности элементов здания по отношению к надежности всего здания. Обосновывается необходимость введения в расчет коэффициентов ответственности элемента за переход здания в предельное состояние. Использование в расчете указанных коэффициентов позволит повысить уровень безопасности зданий и сооружений.

Summary

In article the system of factors of reliability operating now is analyzed at engineering of bearing structures. Features of application in practice of a method of analysis of a building on avalanche (progressing) destruction are considered. The parity of reliability of elements of a building in relation to reliability of all building is analyzed. Necessity of introduction for analysis of factors of responsibility of an element for building transition in a limiting condition is proved. Use in analysis of the specified factors will allow to raise level of safety of buildings and constructions.

Ключевые слова:

Безопасность зданий, надежность зданий, несущие конструкции, расчет зданий, коэффициент надежности, коэффициент запаса, разрушающая нагрузка.

Key words:

Safety of buildings, reliability of the buildings, engineering, bearing structures, calculation of buildings, reliability factor, stock factor, ultimate load

Принятый в 2009 г. Федеральный Закон Российской Федерации от N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" ввел понятие **механической безопасности** здания и сооружения, а именно недопущение «угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений в результате:

- 1) разрушения отдельных несущих строительных конструкций или их частей;
- 2) разрушения всего здания, сооружения или их части;
- 3) деформации недопустимой величины строительных конструкций, основания здания или сооружения и геологических массивов прилегающей территории;
- 4) повреждения части здания или сооружения, сетей инженерно-технического обеспечения или систем инженерно-технического обеспечения в результате деформации, перемещений либо потери устойчивости несущих строительных конструкций, в том числе отклонений от вертикальности».

Одной из мер обеспечения механической безопасности зданий и сооружения является использование в проектирование несущих конструкций зданий и сооружений системы коэффициентов надежности [1,2,3,4].

Система коэффициентов надежности, в общем случае, состоит из трех независимых друг от друга составляющих:

Коэффициент надежности по нагрузке (коэффициент перегрузки) - учитывает возможные отклонения фактической нагрузки от нагрузки предусмотренной нормами - *нормативной*.

Коэффициент надежности по материалу (коэффициент однородности материала) - учитывает возможные отклонение механических свойств и прочности материала от таких же предназначенных нормами -нормативных.

Коэффициент условий работы - учитывает возможные неблагоприятные (или благоприятные) факторы, влияющие на несущую способность конструкции: неполное соответствие расчетной схемы действительным условиям работы конструкции, влияние условий изготовления конструкций, положения арматуры в бетоне или кладке и др.

Система коэффициентов надежности сложилась еще в советское время. Эта система позволяла (по крайней мере в теории) равную надежность всех строительных элементов здания (сооружения) при минимальной весе конструкций здания (сооружения). При массовом (на всей территории страны) строительстве в то время такой подход был оправдан.

С переходом в 1955г. к единому методу расчета по предельным состояниям был введен универсальный критерий предельного состояния, при котором конструкция перестает удовлетворять предъявленным к ней эксплуатационным требованиям, то есть теряет способность сопротивляться внешним воздействиям или получает недопустимые деформации или местные повреждения.

Здания (сооружения) в свою очередь должны проектироваться таким образом, что бы на протяжении всего срока эксплуатации здания с практически необходимой гарантией предельное состояние не наступило.

На современном, так называемом "рыночном", этапе цель и характер строительного процесса изменились: с одной стороны, строительство стало индивидуальным, а с другой стороны, в строительный процесс вовлечено большое количество неквалифицированной рабочей силы при недостаточном контроле качества со стороны административно-управленческого аппарата.

Кроме того, с увеличением размеров и сложности возводимых зданий (сооружений) появилась опасность случайного (а иногда и целенаправленного) разрушения (выхода из работы) одного или нескольких элементов конструкции, что, в свою очередь, может привести к достаточно быстрому разрушению всего здания. Это явление получило название прогрессирующего (лавинообразное) обрушение. Анализ этого явления достаточно широко описан в современной научной литературе.

Но по признанию специалистов, работающих в области расчетов на «прогрессирующее разрушение, «... в результате численного моделирования можно получить *качественную* оценку характеристик устойчивости конструкции по отношению к прогрессирующему обрушению, а также сопоставить несколько возможных сценариев обрушения с целью выявления слабых мест конструкции»

Как показывает опыт, применение методики расчета на прогрессирующее разрушение приводит порой к значительному увеличению расхода материалов, используемых в несущих конструкциях.

Рассмотрим пример использования данной методики к расчету на прогрессирующее разрушение многоэтажного каркасного здания с сеткой колонн 6х6 м. При «удалении» одной из колонн из работы здания приходится значительно увеличивать размеры балок большинства перекрытий здания.

Хотя, на наш взгляд, в этом случае было бы целесообразно «усилить» в разумной степени колонны здания. Причем «усиление» произвести дифференцировано в зависимости от величины суммарных усилий в колоннах. Из опыта проектирования железобетонных конструкций известно, что бы повысить несущую способность изгибаемого элемента приходится в большей степени увеличивать его рабочую высоту, а для сжатого элемента достаточно увеличить количество арматуры.

Из этого примера видно, что для повышений надежности всего здания достаточно (экономически целесообразно) повысить надежность основных конструктивных элементов, определяющих прочность (механическую безопасность) всего здания.

Система коэффициентов надежности (условий работы) не учитывает в полной мере "степень ответственности" элементов конструкции по отношению к работе всего здания (сооружения) в целом, по другому говоря, при достижении внешней нагрузки (воздействия) определенной расчетной величины в здание должны «одномоментно» разрушиться все его конструктивные элементы. Хотя на практике мы наблюдаем совершенно обратное явление — разрушение начинается с какого то одного элемента.

Следует отметить, что до конца 50-х гг. XX века в СССР при расчете конструкций использовался единый интегральный коэффициент запаса [k], который впоследствии был преобразован в "триаду" коэффициентов надежности: по нагрузке, по материалу и условий работы. Так например: коэффициент запаса для расчета железобетонных конструкций варьировался в пределах 1,3-2,2. В то время отличался и методологический подход к расчету конструкций: применялся так называемый **расчет по разрушающим нагрузкам**.

В 80-х гг. XX века (в развитии идей проф. Н.Н.Стрелецкого) в строительные нормы был введен метод расчета по предельным состояниям. При этом предполагалось, что коэффициенты надежности могут и будут определяться вероятностными методами строительной механики.

В современный период предпринимаются попытки «расширить» систему коэффициентов надежности. Например, в [5] были введены дополнительные коэффициенты условий работы в зависимости от расчетного срока эксплуатации сооружения (для большепролетных зданий). Кроме того, в нормативные документы по расчету зданий вводится понятие **неидентифицированных** воздействий.

С начала 90-х гг. XX века при проектировании строительных конструкций широко стали применяться численные методы расчета с использованием ЭВМ. Несмотря на высокую точность компьютерных расчетов, в большинстве случаев, это привело к снижению надежности зданий и сооружений. Во-первых, уменьшился так называемый «запас конструкции», во-вторых, проверить расчет, выполненный на ЭВМ, практически не возможно, что приводит, как это не парадоксально, к увеличению числа проектных ошибок.

На основании выше изложенного, а так же исходя из опыта проектирования зданий (сооружений) в новейший период, автором предложено при практических расчетах строительных конструкций принять **систему коэффициентов ответственности элемента за переход здания в предельное состояние** (по другому говоря: **коэффициентов запаса**) **дополнительно** к требуемым по действующим СНиП. Данная методика была применена в проектно-конструкторской деятельности ООО "СпецПроект" в 2002-2010гг.

Значения коэффициентов ответственности элемента за переход здания в предельное состояние представлены в таблице ниже. На указанные коэффициенты необходимо умножать полученные при анализе конструкций расчетные значения усилий (I-ой группы предельных состояний) перед использованием указанных значений для подбора параметров сечения (армирования) соответствующих конструктивных элементов. Применять данные коэффициенты следует при расчете на основные и дополнительные сочетания нагрузок.

Вид конструктивного элемента	Коэффициент
<i>Колонны</i>	
1.1. Колонны определяющие прочность всего здания (колонны подвала)	2,0
1.2. Колонны при расчете на продольную силу	1,4
1.3. Колонны при расчете на совместное действие продольной силы и изгибающего момента	1,25
<i>Балки (Фермы)</i>	
2.1. Балки поддерживающие кирпичные ("висячие") стены	1,6
2.2. Главные (и аналогичные им) балки (подстропильные фермы)	1,4

2.3. Второстепенные балки (стропильные фермы)	1,25
2.4. Прогоны	1,1
<i>Плиты</i>	
3.1. Плиты работающие в одном направлении	1,25
3.2. Плиты работающие в двух направлениях	1,15
3.3. Консольные участки плит (балконы)	1,6

По мере накопления опытных и расчетных данных значения **коэффициентов ответственности элемента за переход здания в предельное состояние** могут быть уточнены и дополнены.

Библиографический список

1. СНиП 2.01.07-85*. Нормы проектирования. Нагрузки и воздействия.
2. СНиП II-23-81*. Нормы проектирования. Стальные конструкции.
3. СНиП II-25-80*. Нормы проектирования. Деревянные конструкции.
4. СНиП 2.03.01-84*. Нормы проектирования. «Бетонные и железобетонные конструкции.
5. МДС 20-2.2008. Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях.



Наши авторы

Ведяков И.И.

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – филиал ФГУП «НИЦ «Строительство», г. Москва, директор, доктор технических наук, профессор.

Егорченкова Е.А.

Московский Государственный университет геодезии и картографии,,
ООО «Сибстройизыскания», руководитель камеральной группы отдела геодезии и картографии, соискатель МИИГАиК.

Еремин К.И.

Генеральный директор компании "ВЕЛД", доктор технических наук, профессор.

Идиатуллин Д.Р.

Руководитель проектной группы ЗАО «Инжиниринговый центр ГОЧС «БАЗИС».

Катранов И.Г.,

Московский Государственный Строительный Университет, аспирант кафедры «Испытания сооружений», ведущий инженер проекта ООО «Ремэкспо ЛТ».

Клецин В.И.

Генеральный директор ЗАО «ИЦ ГОЧС «БАЗИС», кандидат технических наук .

Колобанов А.С.

Липецкий государственный технический университет кандидат технических наук.

Комлева Е.В.

Дортмундский технический университет, Германия, аспирант.

Кунин Ю.С.,

Московский Государственный Строительный Университет, ИСА, кафедра «Испытания сооружений», кандидат технических наук, профессор.

Кухта А.В.

Московский Государственный Строительный Университет, кафедра «Инженерная геодезия», руководитель сектора мониторинга НИИППЛ «Проектирование и конструирование» МГСУ, старший научный сотрудник ФИРЭ РАН.

Матвеев С.А.

ФБГОУ Московский государственный строительный университет «МГСУ (НИЦ)», кафедра Испытание сооружений, докторант.

Мельников А.Б.

ООО «ИНФОРМАВИАСЕРВИС» Директор.

Михайлов В.В.,

Липецкий государственный технический университет, заведующий кафедрой строительного производства, доктор технических наук, профессор.

Павлова Г. А.

ФБГОУ Московский государственный строительный университет, докторант кафедры «Испытание сооружений».

Тамразян А.Г.,

Советник РААСН (Московский государственный строительный университет) доктор технических наук, профессор.

Федосеев Ю.Е.

Московский Государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)
НИЦ «Геодинамика», руководитель центра геодезии и кадастра, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук.