

**ДЕЙСТВУЮЩАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЫСОТНОГО  
ЖИЛОГО ЗДАНИЯ В МОСКВЕ**

УДК 550.8.028;550.8.08

**Капустян Н.К.**

*Институт экологических проблем Севера УрО РАН,  
Институт физики Земли РАН*

**Таракановский В.К.**

*Институт физики Земли РАН*

**Вознюк А.Б.**

*ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)»*

**Климов А.Н.**

*Московский государственный строительный университет*

**Введение**

Нормативные требования создания системы мониторинга (МГСН 4.19-2005) и проведение наблюдений в процессе строительства и эксплуатации высотного здания дали долгожданную возможность сопоставить представления о работе конструкций и грунтов основания здания с реальной картиной. Насущная необходимость этого указывалась давно, но для выполнения подобных исследований требуется сведение воедино многих факторов: желание проектировщика; согласие заказчика строительства; наличие необходимого оборудования, которое будет «намертво» заделано в грунты и конструкции; рабочий коллектив, который будет устанавливать оборудование, вести наблюдения и сопоставлять получаемые данные с расчетом.

**Обзор исследований**

Совокупность факторов при организации мониторинга, его финансовом и правовом обеспечении, технологические особенности выполнения, участие в одной команде специалистов разных профилей: геотехников, геофизиков, строителей, электронщиков – все это определило уникальность и своеобразие данного направления. Именно поэтому в отечественной и международной практике таких натуральных исследований крайне мало в отличие от достаточно большого числа работ, выполняемых в лабораторных условиях или на математических моделях (Зарецкий, Карабаев, 2006, Тер-Мартirosян, 2005). На природе это, в лучшем случае, наблюдение за выбранным параметром (чаще всего осадками) и сравнение с расчетной моделью здания. Подобными исследованиями знаменита школа проф. В.М. Улицкого, выполнявшая в том числе работы по реконструкции архитектурных памятников (Улицкий и др., 2009). Особенности этих работ являются относительно небольшая инструментальная компонента обсле-

дования сооружения в сочетании с тщательным визуальным осмотром и оригинальная расчетная модель, позволяющая включать работу основания и учитывать сложные по форме и массивные элементы памятников архитектуры. Попытка совместного использования данных датчиков давления на грунт и в конструкциях осуществлялась ООО «Мониторинг-Центр» (Неугодников, Круглов, 2008), но пока публикуются лишь рабочие материалы. За рубежом для высотных зданий известна серия успешных наблюдений за совместной работой грунтов и фундаментов различных конструкций, в том числе комбинированных плитно-свайных (КПСФ), в результате которых получены уточнения представлений и принципиально новые данные о работе свайных полей (Катценбах и др., 2005).

Статус ОАО «ЦНИИЭП жилища» как ведущей научно-исследовательской и проектной организации по высотному строительству и ответственного составителя нормативов по высотному строительству (МГСН 4.19-2005) позволил сформулировать требования, а затем и реализовать их на пилотных проектах (Острецов и др. 2006, Николаев и др. 2006).

Ниже рассмотрены основные блоки системы мониторинга и результаты на примере жилого комплекса «Континенталь» в г.Москве, включающего высотный 48-этажный корпус. Заказчик строительства – ЗАО «Корпорация «КОНТИ», генпроектировщик – ОАО «ЦНИИЭП жилища», топогеодезические работы – ФГУП «Фундаментпроект», оборудование инструментального мониторинга – ООО «ГПИКО ЛТД» и ООО «Вулкан», наблюдение и обработка данных – ОАО «ЦНИИЭП жилища» совместно с Институтом физики Земли РАН, расчеты здания в процессе строительства выполнены ОАО «ЦНИИЭП жилища».

### Описание объекта

Многофункциональный жилой комплекс «Континенталь» состоит из четырех зданий разной этажности (от 4 до 48 этажей), расположенных на общем стилобате с размерами в плане 100×110 м и объединенных 4-уровневым подземным пространством, в котором располагаются автостоянка и торгово-офисные помещения.

Геологическое строение площадки строительства по данным ООО «Геотехника» следующее: на глубине 0,4-3,0 м под поверхностью строительной площадки залегают насыпные грунты, представленные песками различной крупности с включением строительного и бытового мусора, ниже – пески мелкой и средней крупности (мощность 13-18 м). Далее в геологическом разрезе представлены верхнеюрские глины от полутвердых до твердых общей мощностью 9-11 м, ниже обнаружены обводненные известняки. Подземные воды встречены в двух водоносных горизонтах: первый от поверхности – безнапорный, приуроченный к толще песков, зале-

гающих на мощном водоупоре из верхнеюрских глин; второй – напорный, приуроченный к трещиноватым известнякам. Напор над кровлей водовмещающих пород – 2-6 м. По возможности проявления карстово-суффозионных процессов площадка строительства признана неопасной.

В связи со сложными гидрогеологическими условиями площадка строительства защита котлована от проникновения грунтовых вод осуществлялась при помощи «стены в грунте», выполненной по контуру котлована с заделкой на 1,5-2,0 м в водоупорный слой верхнеюрских глин. В период строительства подземной части здания производилось также водопонижение с использованием фильтрационных скважин по периметру котлована.

Несущие конструкции многофункционального жилого комплекса выполнены из монолитного железобетона. Фундаментом является коробчатая конструкция размером 84×60 м и высотой 4,6 м, которая состоит из нижней и верхней плит толщиной 2,0 и 1,0 м соответственно, объединенных стенами с ячейкой 3×6 м. Основанием фундаментной плиты служат пески мелкие и средней крупности, средней степени водонасыщения и насыщенные водой.

Несущими конструкциями многоуровневого стилобата являются наружные и внутренние стены толщиной 0,4-0,6 м, пилоны, колонны и локальные ядра жесткости. Перекрытия выполнены безригельными толщиной 0,25 м. Конструктивная система высотной части здания – каркасно-стенная, с монолитными наружными и внутренними стенами толщиной 0,2-0,3 м, пилонами и ядрами жесткости в виде лестнично-лифтовых узлов. Вертикальные несущие конструкции высотной части объединяются монолитными безригельными перекрытиями.

### Состав системы мониторинга

При строительстве жилого комплекса «Континенталь» в г.Москве была создана система мониторинга, которая позволила начать наблюдения с нулевого цикла и далее в процессе возведения. После выполнения основных несущих конструкций система переведена в автоматический режим сбора данных. Система уникальная, так как по существу впервые в одном комплексе использован набор датчиков разных типов и контролируются разные физические поля.

В состав системы входят следующие измерения.

Геотехнический мониторинг:

- традиционные топогеодезические наблюдения за осадками с установкой реперов на высотном здании и окружающей застройке;
- скважинные измерения суммарных и послойных осадок, порового давления;

– поля датчиков давления на грунт под фундаментной плитой.

Мониторинг состояния и динамики конструкций:

- трехкомпонентные (X, Y, Z) тензометры (деформометры) в фундаментной плите, стенах и пилонах нижнего этажа подземной части, стенах и колонах 1-го этажа надземной части;
- измерение колебаний акселерометрами в высотной части и велосиметрами в подземных конструкциях.

Подбор типов датчиков и их расстановка осуществлялись на основании расчетной схемы здания и геологических условий площадки. Кроме того, существенно использование апробированных устройств и выпускаемых серийно; приборы должны иметь сертификаты и калибровочные паспорта. Немаловажно, чтобы форматы данных с датчиков хорошо согласовывались, предпочтительно использование линейки датчиков одного производителя (в нашем случае, все датчики, кроме сейсмометрических, – итальянской фирмы SisGeo®).

При расстановке датчиков учитывалось архитектурное решение, например, чтобы места установки датчиков, особенно оголовки скважин на нижнем этаже в подземной автостоянке, не мешали функционированию жилого здания. Все данные по кабельным сетям сведены в комнату мониторинга на –1-м этаже здания. Места установки датчиков, прокладка кабелей, необходимые узлы и соответствующие пояснения содержатся в «Проекте мониторинга», выполненном как альбом проектной документации. Выбор точек установки датчиков проводился сообразно следующим принципам:

- основное количество датчиков сосредоточено в зоне, наиболее нагруженной и сложной по взаимодействию с грунтами основания – подземной части и 1-м этаже; на верхних этажах контролируются колебания;
- набор датчиков должен быть необходимым по количеству и типу, и достаточным для получения картины заданной детальности (контроль основных несущих конструкций), не избыточным для того, чтобы «не потонуть» в потоке данных и их рационально использовать.

Существенно, что геотехнический мониторинг и мониторинг конструкций можно связать достаточно естественно путем сопоставления данных, отражающих одно и то же явление, но с разных сторон. Например, взаимодействие здания с грунтом основания в процессе строительства проявляется в полях осадок по геодезическим данным, о деформируемой толще говорят суммарные скважинные измерения, а о детальных изменениях в слоях – послойные осадки и изменение порового давления. Взаимосвязь полей деформации и нагрузки под плитой отражают поля осадок и давления, а также тензометрические данные по фундаментной плите. Кроме того, изменения интегральных характеристик взаимодействия грунтов и конструкций отражены в параметрах колебаний на основных формах (Остре-

цов и др., 2008). Примером расстановки датчиков является схема на плане фундаментной плиты, где показаны скважины, геодезические репера, датчики давления под плитой и тензометры в плите (рис.1). Возможность подтверждения выводов данными разных методик и типов датчиков составляет основу подхода и методологически это дает выигрыш в случаях малоизученных явлений.

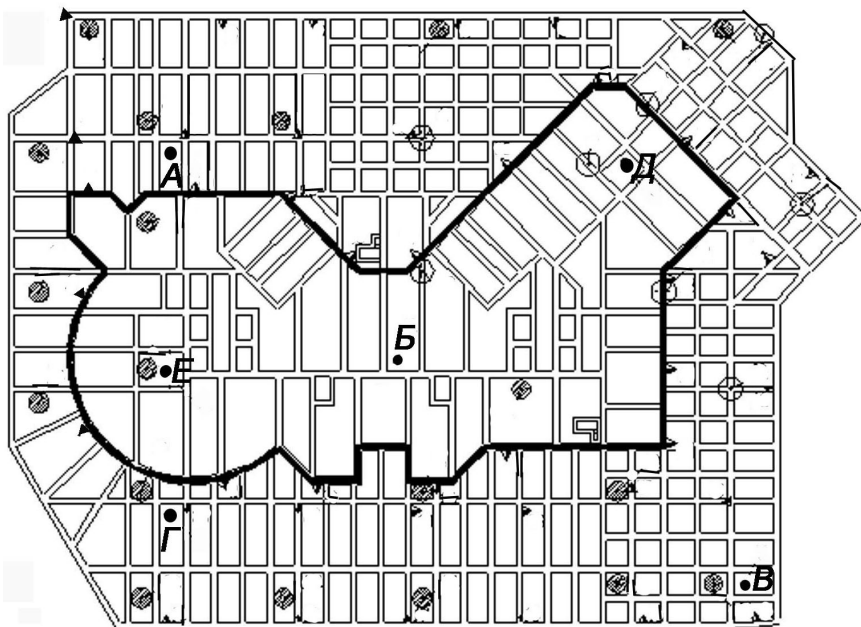


Рис. 1. План фундаментной плиты с расположением датчиков мониторинга:  
треугольники – геодезические марки; кружки:  
черные –скважины; светлые – датчики давления на грунт

### Временной ход мониторинга

*Основные этапы.* Этапы проведения мониторинга и временные интервалы между ними являются также дискуссионным вопросом. Традиционный топогеодезический мониторинг производится с начала строительства, на окружающей застройке – до выполнения котлована, затем ведется по графику, на рассматриваемом объекте ежеквартально в течение времени строительства. После завершения обычно наблюдения ведутся более редко до тех пор, пока наблюдается заметная осадка (около трех лет для высотного здания «Эдельвейс»).

По всем остальным параметрам ситуация более неопределенная. Например, высказывались мнения (Гурьев, Дорофеев, 2005) о режимах сейсмометрического мониторинга 2-3 раза в первые три года после возведения, и затем 1 раз в год. Наш опыт наблюдения колебаний как непрерывно, так и в режиме с интервалом в 10 дней (число 10 – чтобы избежать недельного ритма города) показал, что такой режим необременителен при стационарных размещении датчиков, но дает много новой информации о состоянии конструкций и об изменениях свойств грунтов основания (Острцов и др., 2008).

Ясно, что закладка инструментальных наблюдений должна производиться как можно раньше: для датчиков в грунтовом массиве после выполнения котлована тензометры устанавливаются на арматуру при заливке соответствующих конструкций. При этом выполняются измерения, которые служат «нулевыми» для дальнейшего временного хода величин. Далее, по мере возведения, ведутся наблюдения в так называемом «ручном режиме», при оборудовании комнаты мониторинга – в автоматическом. На объекте «Континенталь» система в автоматическом режиме запущена с декабря 2008 г.

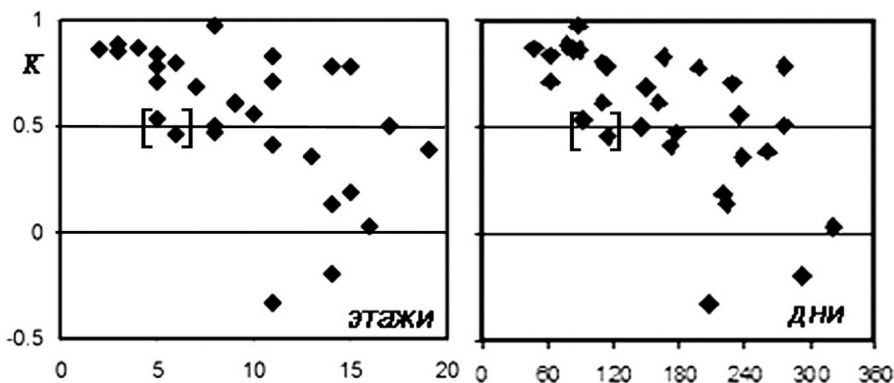


Рис. 2. Коэффициенты корреляции полей давлений на грунт, полученных при мониторинге, в зависимости от разности в возведенных этажах (слева) и от временного интервала (справа)

*Интервалы между наблюдениями.* Известно, что процессы в реальных средах – горных породах и строительных материалах – зависят как от величины нагружения, так и его скорости (Садовский и др., 1981). Таким образом, мониторинг в процессе строительства и при эксплуатации должен иметь разные интервалы в зависимости от стадии. На объекте «Континенталь» геотехнический мониторинг в процессе строительства проводился в

ручном режиме с разными временными интервалами и при разной скорости возведения, в том числе и при приостановке строительства.

Проиллюстрируем подбор интервала на примере величин давления на грунт. Шаг выполненных измерений в процессе возведения здания дает картину вариаций давления, начиная от разницы высоты здания в 2 этажа и временного интервала от 1,5 месяца и более. Для того, чтобы охарактеризовать картину изменений, воспользуемся коэффициентами корреляции  $K$  между наборами значений давления, получаемыми со всех датчиков при любых двух актах мониторинга. Перебор пар наблюдений – не только соседних по времени, но и с интервалами через один, два и более актов – позволяет увеличить статистику. Существенно, что оценка  $K$  реагирует не на общее увеличение давления, а на изменение мозаики полей давления, например, при возникновении аномальной зоны  $K$  будет уменьшаться, причем значение будет зависеть от контрастности флуктуации. На рис.2 показаны зависимости  $K$  от разности в этажности и от временного интервала при возведении высотного корпуса. Видно, что при частом сборе данных (менее 5 этажей или 2 месяцев) значение  $K$  близко к 1, т.е. исходя из физики процессов в этом интервале не следует ожидать заметной динамики грунтового массива на значительных участках под плитой. При существенно большем шаге – более 10 этажей или полугодом – возможны как стабильная работа массива как единого целого, так и флуктуации, связанные с перераспределением давления.

Обратим внимание на точки, отмеченные на графиках при малых интервалах мониторинга. Поясняет ситуацию рис.3, где показаны карты давления на грунт – трендовых (средних) значений и флуктуаций – для обсуждаемых малых значений  $K$ . На картах мы видим достаточно плавную вариацию трендовых составляющих давления и динамичную картину флуктуаций. Отмечается кратковременное падение давления в левом верхнем углу под фундаментной плитой. Видно развитие процесса во времени, охватившего зону по диагонали плана, и затем «залечивание» ситуации в грунтовом массиве. По-видимому, это связано с процессом консолидации грунтов основания под воздействием возрастающего давления от здания. Две обсуждаемые аномальные точки  $K$  соответствуют переходам от первой ко второй и от второй к третьей картам давления. Пример показывает эффективность использования  $K$  для количественной оценки «благополучия» при мониторинге, в том числе при работе в автоматическом режиме. Таким образом, интервалы между актами мониторинга должны быть не более 2-3 месяцев или 5-6 этажей при возведении. Меньшие интервалы сложно выдержать при достаточно трудоемком ручном режиме сбора данных.

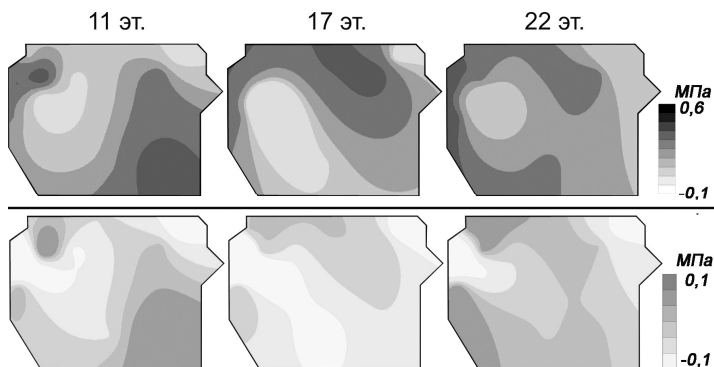


Рис. 3. Карты, характеризующие давление под фундаментной плитой в процессе строительства (возведены 11, 17, 22 этажа): верхний ряд – средние значения; нижний – флуктуации давления

### Сопоставление полей данных датчиков разного типа

Совместная интерпретация данных разных типов представляет определенную сложность, причина которой, прежде всего, состоит в том, что измеряются величины, характеризующие разную пространственную и временную чувствительность и датчика, и метода измерения. Примером может служить сопоставление данных послойных осадок (по скважинам) и топогеодезических измерений (рис.4).

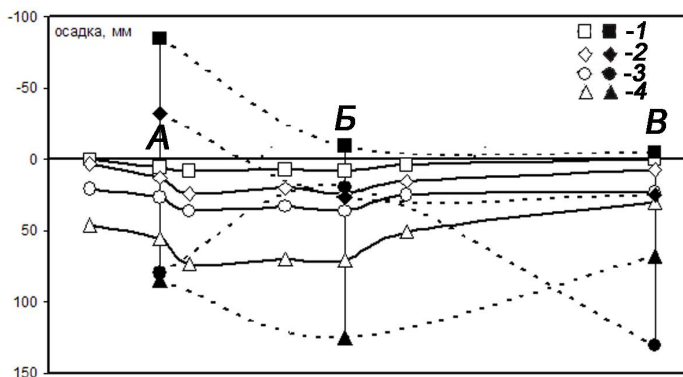


Рис. 4. Сравнение результатов мониторинга осадок для диагонального сечения фундаментной плиты по геодезическим данным (светлые значки) и по скважинам послойной осадки (темные значки); этапы строительства: -4-го этажа (1), -2-го этажа (2), 11-го этажа (3), 28-го этажа (4)



Геодезический мониторинг дает интегральное значение, т.е. отвечающее за осадку суммарно всей колонны грунта до горизонта забивки репера и не только в самой точке, но и в некоторой ее окрестности. Скважинные данные – локальные и отражают сжимаемость данного прослоя разреза. Просуммировав послойные осадки, получаем деформацию определенной толщи (в нашем случае 15 м). На рис.4 для четырех актов мониторинга представлены осадки по диагональному сечению фундаментной плиты, включающие скважины. Видно, что геодезический мониторинг демонстрирует постепенное опускание плиты, причем отчетливо проявляется высотная часть по большей осадке.

Суммарные послойные осадки демонстрируют более интересную и динамичную картину – сначала мы видим отпор грунтов котлована, причем больший в правой части, где были трудности с откачкой воды. Далее мы видим уплотнение (осадку, кривая 2), затем для кривой 3 – аномальную форму – сильное уплотнение по краям с выпором посередине. Отметим, что этому времени соответствует особенность, обсуждавшаяся в связи с рис.3. И, наконец, осадка приняла привычную форму, но по величинам большую, чем по геодезии. Данная особенность может быть объяснена тем, что изменение напряженно-деформированного состояния – так называемая в горном деле волна разгрузки - ушла ниже скважины и поэтому не отражается в послойных осадках, а видна при сравнении их с данными по глубинным реперам. Особенность – знакопеременный ход осадок – не уникальна, а была отмечена при детальном мониторинге грунтов в связи с реконструкцией в Берлине (Квик, Нуссбаумер, 2003).

Сопоставим данные разных типов, полученные при мониторинге в процессе строительства – давление на грунт и осадку по геодезическим данным (рис.5). Кривые для точек 1, 2, 3 лежат на той же диагонали плана, причем т.1 и т.2 расположены достаточно близко (12 м), но т.2 – уже под высотной частью здания, расстояние между т.1 и т.3 – 90 м. Сравнение кривых показывает их подобие как по характеру изменений со временем при росте нагрузки, так и по величинам, особенно для конструкций вне высотной части. В начале возведения на всех кривых присутствует своеобразная «петля» – отсутствие осадки при росте давления. Причиной является, по-видимому, перераспределение отпора и сжатия в верхних слоях грунтового основания, что было отмечено выше: вначале осадки замедлялись. Далее при увеличении нагрузки процесс активной осадки происходит при малом росте давления и затем при возведении примерно половины высоты здания процесс приобретает достаточно монотонный характер, хотя возможно более быстрое развитие локальных осадок (т.3). Для оценки «безопасности» ситуации важно, что кривая достаточно быстро восстановила свой ход.

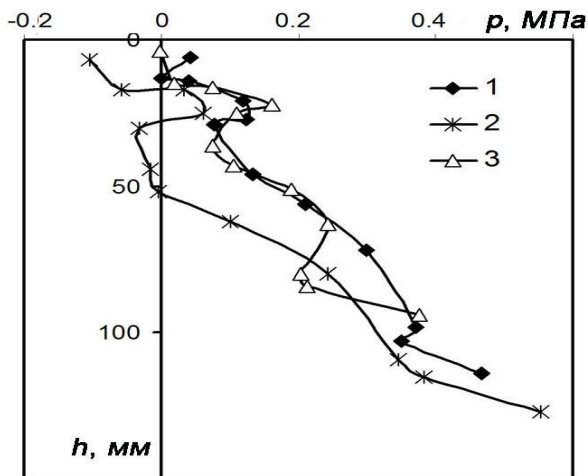


Рис. 5. Связь изменений давления под фундаментной плитой и ее осадки в процессе мониторинга для датчиков 1, 2, 3

### Сопоставление расчетных и экспериментальных данных

Геодезический мониторинг осадки. Сравним поля осадок фундаментной плиты при выполнении 48 этажей основных несущих конструкций – расчет по программе Лира® и по данным нивелировок для геодезических реперов (рис.6). При расчете использована упругая модель грунта (модель Винклера). Значения коэффициентов постели под фундаментной плитой варьировались от 440 до 1200 т/м<sup>3</sup>.

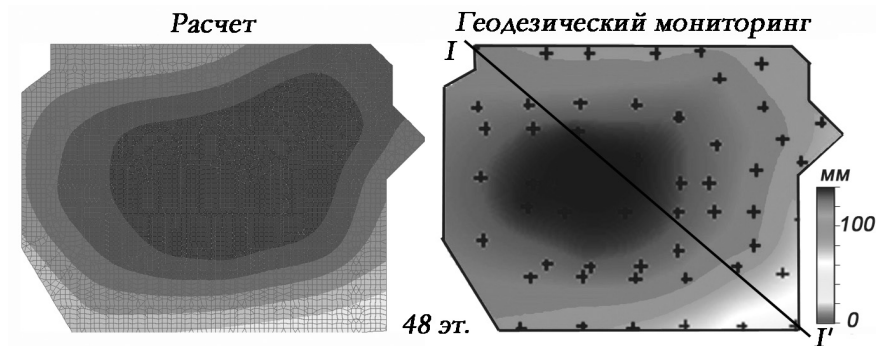


Рис. 6. Сравнение расчетных и экспериментальных полей осадок

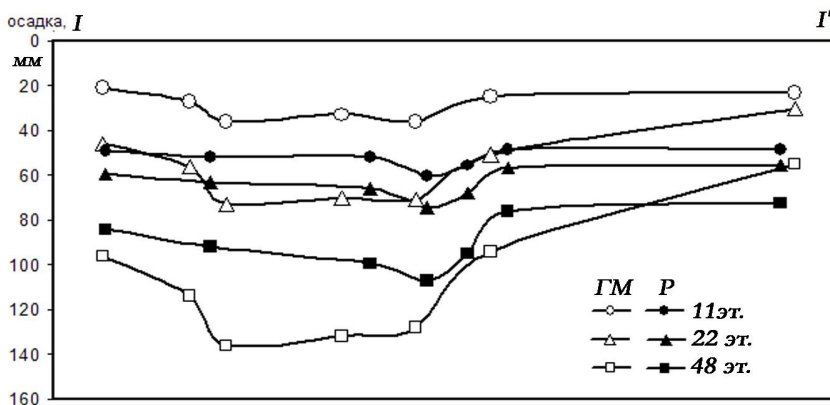


Рис. 7. Сравнение расчетных (P) и экспериментальных (ГМ) осадок для разных этапов строительства (11, 22, 48 этажей)

Отмечается подобие общей картины расчетных и экспериментальных значений, разница состоит в форме пятна наибольшей осадки. Реальные осадки несколько больше, чем полученные по расчету от нагрузок только от монолитных конструкций, но меньше, чем заданные проектные (200 мм), полученные при учете полной нагрузки от здания. На рис.7 приведены кривые, отображающие изменение профиля осадки по сечению I-I' с «ростом» дома. Сравнение профилей реальных и расчетных осадок показывает, что для 11 этажей расчет дает «запас» в осадке, для 22 этажей – кривые достаточно хорошо совпадают.

Отмеченное различие может быть связано со многими факторами: 1) с обсуждавшимся выше процессом консолидации грунтов основания; 2) со сложностью и допущениями при моделировании грунтов в расчетной модели. Обводнение грунтов в основании здания происходило при высоте здания в 11-15 этажей, что отражено в меньшей (по сравнению с расчетом) осадке для 11 этажей дома на рис.7. Если бы были значительные суффозионные явления, то мы увидели бы их по расхождению расчета и эксперимента для 22 этажей здания, что не наблюдается. Таким образом, наиболее вероятно вторая причина, связанная с недостатками расчетной модели грунта. Заметим, что для средней этажности до 22 этажей расчет хорошо совпадает с экспериментом, т.е. изменения в расчете следует вносить именно для высотных зданий.

Давление на грунт под фундаментной плитой. Учитывая существенно более мозаичный характер поля давлений по сравнению с осадками, для сравнения мы воспользовались статистическим приемом – построение диаграмм разброса (рис.8). По осям отложены значения давления – расчетного (P) и экспериментального (Э), полученные для каждой точки установ-

ки датчика; диагональ графика соответствует равенству расчетных и экспериментальных значений, точки выше ее – расчет больше реальных величин, ниже – наоборот. Анализ данных в процессе мониторинга показывает, что для этажности до 22 этажей имеем достаточно хорошее совпадение наблюдения с расчетом при учете некоторого «запаса», причем зависимость для 15 и 22 этажей домов близка к линейной. Для высотного дома получены 2 значения, превышающие расчетные, причем именно в диагональной зоне I-I' на участке, обсуждавшемся на рис.3. Как видно из графиков, при этажности возведения высотного здания, меньшей 8 этажей и большей 22 этажей, расчетные данные расходятся с полученными инструментальным способом. Это связано как с недостатком расчетного комплекса, в котором затруднительно оценивать НДС системы «здание-грунт» на разных этапах строительства, так и с невозможностью точного задания свойств грунтового массива.

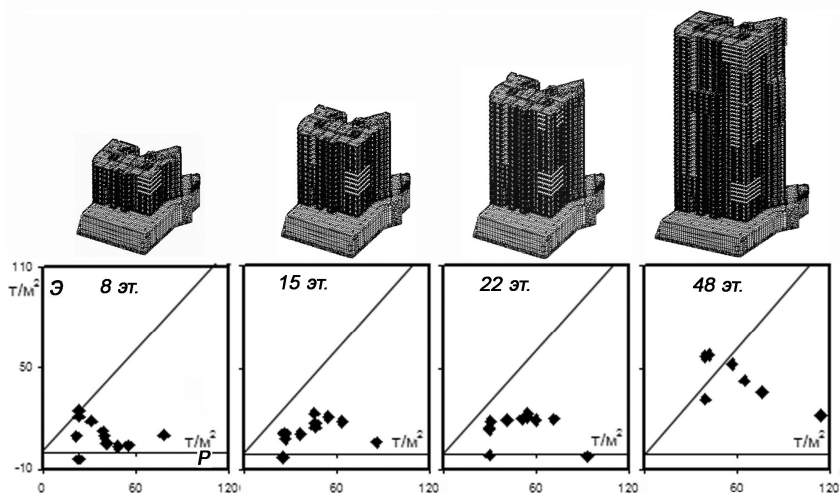


Рис. 8. Сравнение расчетных (ось P) и экспериментальных (ось Э) значений давления под фундаментной плитой в процессе возведения

Мониторинг колебаний осуществлялся в процессе строительства путем сейсмометрической регистрации в разных точках здания – как по плану, так и по высоте. Использованы акселерометры CMG-5T (Guralp®), компоненты X, Y, Z ориентированы по осям плана. Рассчитывались спектры мощности, выделялись пики и определялись соответствующие им значения частоты. По методике (Острцов и др., 2004) выделялись значения собственных частот данного здания. На рис.9 приведено сравнение значений собственных частот – наблюдаемых и расчетных при разной этажно-

сти, рассмотрен интервал низких частот (первые формы колебаний). Видно следующее: с ростом этажности уменьшается количество пиков в спектрах колебаний, т.е. уменьшается количество доминирующих частот. На ранней стадии строительства в низкочастотной области (ниже 1 Гц) достаточно много пиков, причем этих частот нет в расчете. С ростом этажности количество пиков резко уменьшается, совпадение с расчетом – улучшается. Для 48 этажей здания частоты ниже 0,5 Гц и выше 1 Гц совпадают с расчетом. В интервале 0,5-1,0 Гц присутствуют 2 значения, которых не дает расчет, причем эти пики – наиболее интенсивные в спектре колебаний.

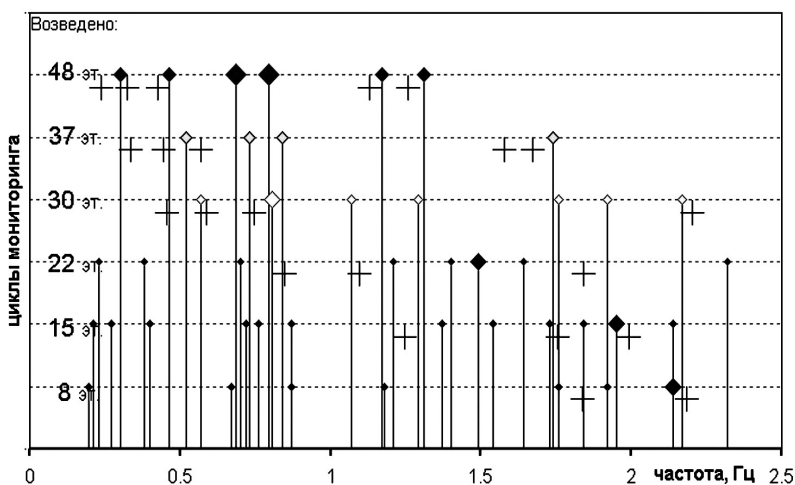


Рис. 9. Сравнение расчетных (крестики) и экспериментальных (линии) значений частот колебаний в процессе строительства

Причина, по-видимому, в отсутствии каких-то факторов в модели, определяющих ее динамику. Отметим, что на самом деле частоты, связанные с динамикой нижних этажей не пропали, а их пики стали существенно слабее, чем для доминирующих колебаний. По существу рис.9 отражает тот факт, что вклад взаимодействия здания с основанием уменьшается с ростом высоты здания – система становится более «простой» и более «резонансной».

### Выводы

1. Современные инструменты геотехнического мониторинга позволяют оперативно следить за процессами в грунтах основания высотного здания и даже указать тип происходящих процессов. Традиционный топо-

геодезический мониторинг дает интегральную картину и не обладает подобной оперативностью.

2. В настоящее время требуется совершенствование расчетных моделей, т.к. фактически по многим параметрам: давление на грунт, осадка, колебания, – модели не соответствуют реальности именно для высотных зданий. В расчетных моделях необходимо учитывать совместную работу здания с грунтовым массивом и стадийность возведения.

3. Представленный опыт позволяет поставить ряд новых экспериментов – лабораторных или математического моделирования – для уточнения расчетных моделей грунтового массива и наблюдением за развитием напряженно-деформированного состояния грунтов основания.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ и программы Президиума РАН №16.

### Библиографический список

Гурьев В.В., Дорофеев В.М. Мониторинг напряженно-деформированного состояния несущих конструкций высотных зданий. Стройбезопасность-2005. – М.: ЦНСТМО. 2005. С.18-21.

Зарецкий Ю.К., Карабаев М.И. Математическое моделирование показаний датчиков давления в основаниях фундаментных плит // Вестник МГСУ. – М., №1. 2006. С.100-104.

Катценбах Р., Шмит А., Рамм Х. Основные принципы проектирования и мониторинга высотных зданий Франфурга-на-Майне. Случаи из практики // Реконструкция городов и геотехническое строительство. №9. 2005. С.80-99.

Квик Х., Нуссбаумер М. Устройство котлованов и фундаментов в Берлине: опыт реконструкции столичного мегаполиса // Реконструкция городов и геотехническое строительство. №7. 2003. С.148-168.

Неугодников А. П., Круглов И. Ю. Строительный мониторинг на базе волоконно-оптических датчиков. Концепция и реализация. Строительный Тендер №30, 2008 С.40-41.

Опыт проектирования и эксплуатации схем мониторинга конструкций и оснований высотных зданий / С.В. Николаев, В.М. Острецов, А.В. Острецов, Л.Б. Гендельман, А.Б. Вознюк, Н.К. Капустян, В.В. Сухин // Современные системы и средства комплексной безопасности и противопожарной защиты объектов строительства. – М.: ЦНСТМО. 2006. С.18-22.

Острецов А.В., Вознюк А.Б., Капустян Н.К. Опыт мониторинга конструкций и грунтов оснований высотных зданий в Москве // Строительная наука и техника. – М., №5 (20), 2008. С.99-101.

Острецов В.М., Гендельман Л.Б., Вознюк А.Б., Болдырев С.С., Капустян Н.К. Способ определения истинных значений собственных частот колебаний зданий. Патент RU 2242026 С1, 15.01.2004.

Садовский М.А., Мирзоев К.М., Негматуллаев С.Х., Саломов Н.Г. Влияние механических микроколебаний на характер пластических деформаций материалов Изв. АН СССР, Физика Земли, №6, 1981. С.32-42.

Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2005. 488 с.

Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Комплексный подход к сохранению Морского собора во имя святителя Николая Чудотворца в Кронштадте Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси. – Сергиев Посад: ПИПЦ. 2009. С.103-108.