

УДК 622.1

М.А. Иофис, Д.Л. Негурица

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ
ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ ИХ ОСНОВАНИЯ**

Семинар № 2

В связи с участвовавшими в последние годы случаями обрушения перекрытий различных сооружений, проблема мониторинга за состоянием объектов повышенной опасности существенно обострилась. Печально то, что такие аварии нередко приводят к катастрофическим последствиям и гибели людей, как это имело место при разрушении «Трансвааль-парка» и Басманного рынка в Москве, Спортивно оздоровительных комплексов в Пермском крае и польском городе Катовицы.

Выдвигается много версий о причинах этих обрушений, но не одна из них не подтверждена данными инструментальных наблюдений. Не допустить возникновения аварийных ситуаций и установить причины развития недопустимых деформаций, вовремя принять меры по их устранению можно только проводя геомеханический мониторинг.

Особенно тревожное положение сложилось в настоящее время в Москве, где инженерно-геологические условия в большинстве случаев сложные и во многих местах возможна активизация процессов сдвига, учитывая наличие сооружений метрополитена и большого количества подземных коммуникаций. Повышение плотности и высотности застройки города Москвы и интенсивное освоение его подземного пространства, увеличивают антропогенную нагрузку на геологическую среду, что весьма чревато серьезными негативными по-

следствиями. Нормальный ход строительства и эксплуатации сооружения может быть нарушен из-за сложных условий строительства и наличия слабых грунтов в недрах Москвы.

Характерной особенностью проектируемых сооружений, которые планируется возводить в г. Москве, является то, что их подземная часть имеет значительные размеры. В ней размещаются подземные стоянки, технические помещения, в этой части сооружения производится подвод коммуникаций. В процессе возведения высотного сооружения, его подземная часть и основание сооружения, испытывает значительные нагрузки. При большой этажности и значительных размерах сооружений последствия нарушения условий эксплуатации, или разрушений подземных частей будут значительными, а их устранение, потребует значительных материальных затрат.

Своевременно обнаружить и устранить признаки непредвиденного развития деформационных процессов можно путем проведения инструментальных наблюдений за деформациями конструкций и грунтового массива.

Основной целью геотехнического мониторинга является своевременное обнаружение признаков, предшествующих возникновению аварийных ситуаций, с тем, чтобы можно было вовремя принять необходимые профилактические и защитные меры. Поэтому система

наблюдений и обследований должна удовлетворять этим требованиям. Многолетний опыт показывает, что наиболее объективную характеристику состояния объекта можно получить на основании контроля за изменением этого состояния во времени. Современные приборы и методы позволяют это делать с высокой точностью и без особых затрат.

Эффективность мониторинга существенно возрастает, когда его проектированию предшествует прогноз ожидаемых деформаций. В этом случае удается выбрать рациональное расположение наблюдательных точек, оптимальные расстояния между ними, необходимую частоту и точность наблюдений.

Для установления начала развития деформационных процессов и контроля их развития необходимо в районе строительства закладывать наблюдательные станции как в подземной и наземной частях сооружения, так и в массиве, окружающем подземное сооружение. После этого следует производить периодические инструментальные наблюдения за деформированием конструкций сооружений и грунтового массива, которые необходимо начинать до начала строительства, вести в процессе строительства, и продолжать после завершения строительства до завершения процесса сдвижения. Анализ результатов наблюдений позволит установить начало процесса сдвижения и параметры его развития.

Следует отметить, что одной из важных особенностей наблюдательных станций, оборудуемых в подземной и наземной частях сооружения, является то, что реперы закладываются по мере возведения этих частей сооружения.

Другой особенностью является необходимость постоянного контроля за взаимосвязью деформаций подземной и

наземной частей высотных зданий. И, наконец, последняя особенность состоит в том, что проведение мониторинга в высотных зданиях требуется не только в период строительства, но и в период эксплуатации сооружений

Для оценки напряженно-деформированного состояния зданий, подверженных влиянию инженерно-геологических процессов, часто используется показатель суммарных деформаций, представляющий собой условную величину, характеризующую совместное воздействие растяжений (сжатий) и кривизны основания на конструкции сооружения, который в общем случае описывается выражением:

$$\Delta l = \Delta l_{\varepsilon} + \Delta l_{\kappa} \quad (1)$$

где Δl - показатель суммарных деформаций, мм; Δl_{ε} - показатель деформаций, вызванных растяжением (сжатием) основания, мм; Δl_{κ} - показатель деформаций, вызванных кривизной основания, мм.

Графически зависимость (1) можно представить в виде, изображенном на рис. 1.

Естественно, что на практике здание не повторит полностью деформации основания и в его конструкциях возникнут определенные напряжения. Для укрупненной оценки этих напряжений можно воспользоваться графиком, приведенным на рис. 2, где по вертикальной оси отложены напряжения в конструкциях перекрытия, а по горизонтальной - разность между расчетными Δl_p и фактическими Δl_{ϕ} показателями суммарных деформаций. Для зданий, построенных по абсолютно жесткой схеме в конструкциях перекрытия возникнут напряжения σ_p , поскольку $\lambda_1 = \Delta l_p$. В тех случаях, когда часть напряжений реализуется в деформации и разность между

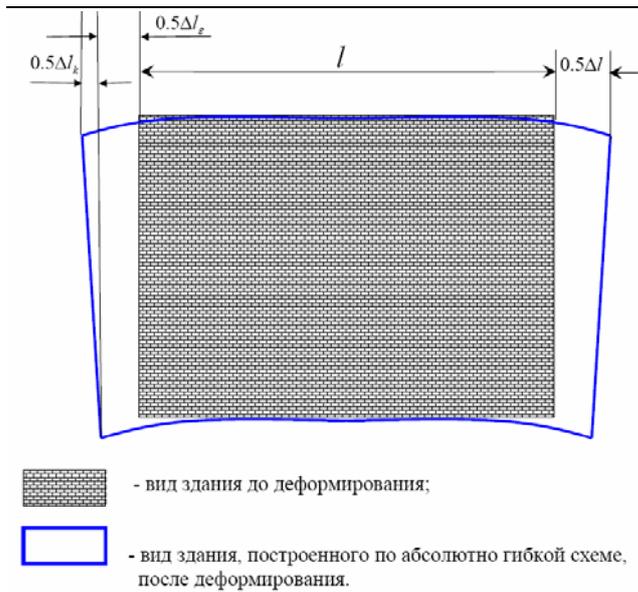
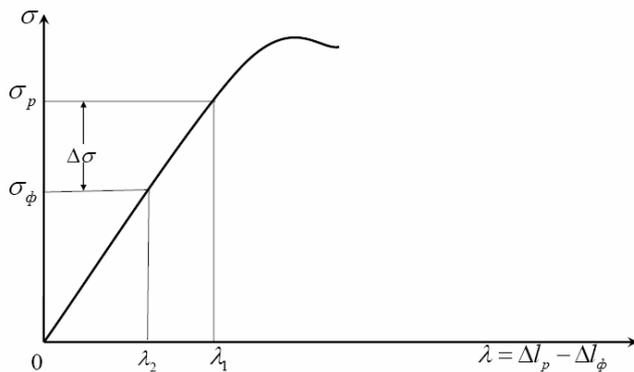


Рис. 1. Графическая интерпретация показателя суммарных деформаций Δl

Рис. 2. График зависимости напряжений в конструкциях наземной части зданий от разности расчетного Δl_p и фактического (измеренного) Δl_ϕ показателей суммарных деформаций



расчетными и фактическими показателями суммарных деформаций окажется равной $\lambda_2 = \Delta l_p - k \Delta l_p$ (где $k < 1$), напряжения в конструкциях перекрытия уменьшатся на величину $\Delta \sigma$ и окажутся равными σ_ϕ . Чем больше будет податливость конструкций, тем меньше будет в них напряжений. При абсолютно гибкой конст

руктивной схеме напряжения полностью реализуются в деформации и λ будет равно нулю.

Таким образом, сравнивая расчетный показатель суммарных деформаций Δl_p , определяемый на основании наблюдений в подземной части здания, с фактическим показателем Δl_ϕ , определяемым на основании наблюдений в наземной части здания, можно своевременно обнаружить места, где накапливаются повышенные напряжения, и оперативно принять профилактические и защитные меры, чтобы эти напряжения не превысили допустимых пределов.

делов.

Наиболее вероятными являются следующие схемы потери устойчивости сооружения при деформировании основания:

1. За счет положительного изгиба (стрела прогиба направлена вверх) и растяжения основания увеличивается расстояние между опорами (рис. 3) и перекрытие, теряя опору, падает вниз.

2. За счет тех же причин увеличиваются напряжения в местах заделки перекрытий, что может привести:

а) к разрушению заделки и обрушению перекрытия (рис. 4, а);

б) к разрушению заделки, опрокидыванию опоры и полному разрушению всей конструкции (рис. 4б)

3. По тем же причинам увеличиваются напряжения в теле перекрытия и опорах, что может привести:

а) к разрушению перекрытия (рис. 5а);

б) к разрушению опоры, поскольку при искривлении она работает на изгиб, сопротивление которому у применяемых материалов значительно ниже, чем сопротивление сжатию. Разрушение опоры может носить взрывоопасный характер, создающий впечатление внешнего воздействия на нее (рис. 5б).

Усугубляющим обстоятельством является температурный фактор, поскольку при отрицательных температурах происходит сжатие металлических частей перекрытия, ведущее к его укорочению и дополнительным напряжениям. Поэтому разрушение опор и обрушение перекрытий наиболее часто происходит зимой.

При строительстве и эксплуатации высотных зданий роль наблюдений и мер защиты существенно возрастает. В

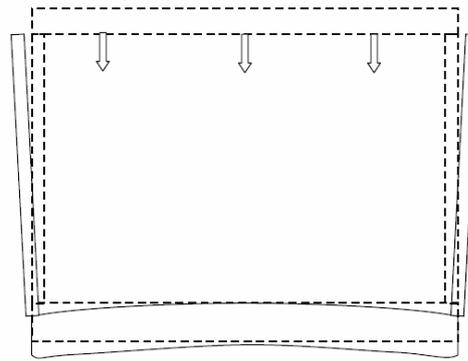


Рис. 3

процесс деформирования здания вовлекается его наклон, которым при оценке состояния зданий небольшой этажности обычно пренебрегают. Влияние наклона на состояние высотных зданий наглядно показано на рис. 6. Показатель суммар-

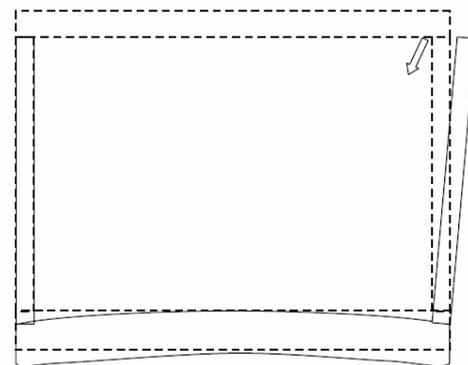


Рис. 4а

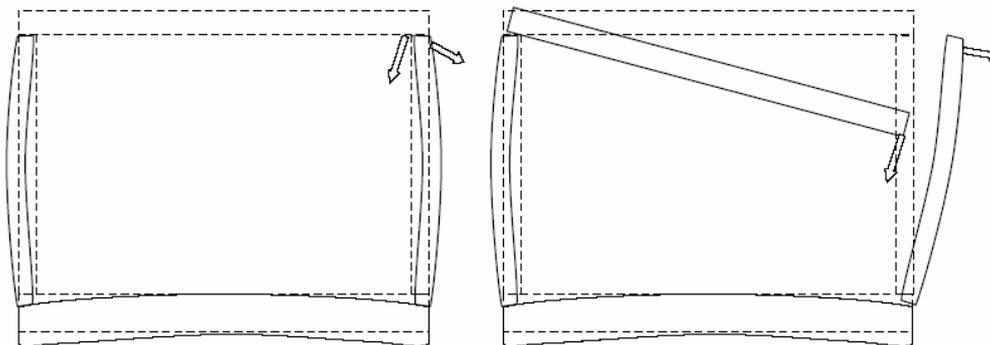


Рис. 4б.

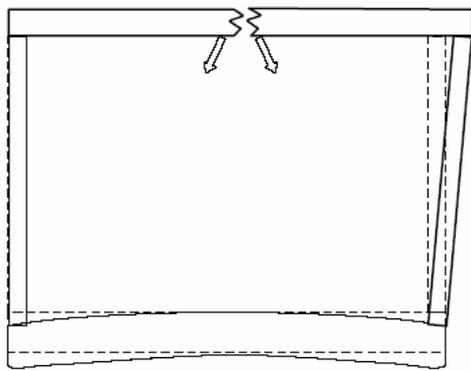


Рис. 5а

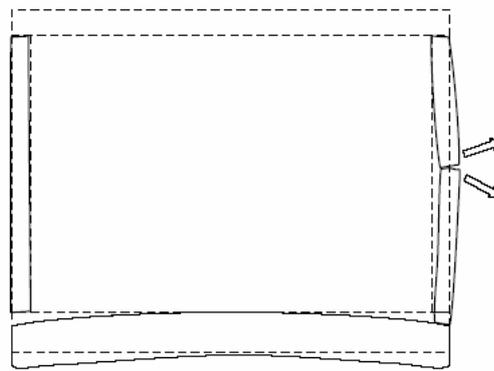


Рис. 5б

ных деформаций для высотных зданий в соответствии с этим рисунком следует определять из выражения:

$$\Delta l = \Delta l_{\varepsilon} + \Delta l_k + \Delta l_i \quad (2)$$

где $\Delta l_{\varepsilon} = l \cdot \varepsilon$; $\Delta l_k = lH \cdot K$; $\Delta l_i = H \cdot i$; l - длина (ширина) здания; ε, K, i - горизонтальная деформация, кривизна и наклон основания здания и соответствующих его сечений; H - высота зда-

ния и расположения соответствующих перекрытий.

Как видно из выражения (2), влияние высоты зданий на состояние его конструкций значительно увеличивается (по сравнению с выражением 1) как за счет самой высоты, так и за счет появления в выражении (2) нового члена Δl_i , полностью зависящего от высоты здания.

В ряде работ [1] и нормативных документов [2] показатель суммарных деформаций Δl записывается в виде:

$$\Delta l = l \sqrt{m_{\varepsilon}^2 \varepsilon_1^2 + m_k^2 \frac{H^2}{R_1^2}} \quad (3)$$

где l и H - соответственно длина здания (отсека), мм, и его высота от подошвы фундамента до верха карниза, м; ε_1, R_1 соответственно расчетные величины горизонтальной деформации (безразм.) и радиуса кривизны, м $R = \frac{1}{K}$ - K кривизна земной поверхности, m_{ε} ,

m_k - коэффициенты условий работы

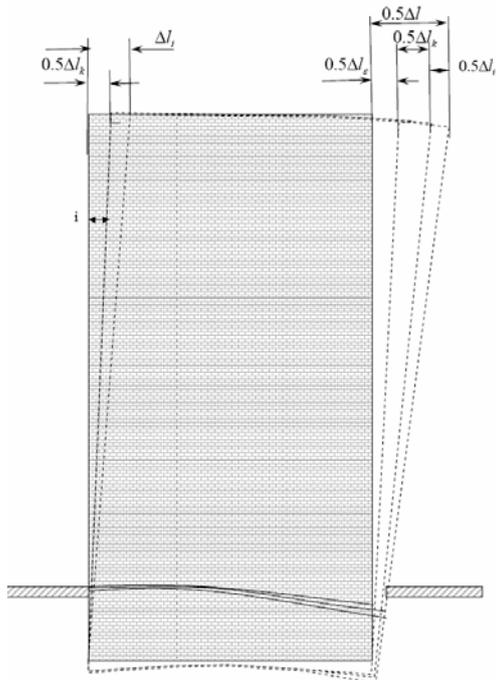


Рис. 6. Деформирование здания под влиянием кривизны, растяжения и наклона основания

Коэффициенты условий работы для зданий, сооружений и коммуникаций

Деформации земной поверхности	Обозначения	При длине здания, сооружения или коммуникации / , м		
		до 15	15-30	свыше 30
Относительная горизонтальная деформация растяжения или сжатия	m_ε	1,0	0,8	0,7
Кривизна выпуклости или вогнутости	m_K	1,0	0,7	0,5
Наклон	m_i	1,0	0,8	0,7

при учете воздействия на здание или сооружение относительных горизонтальных деформаций ε и кривизны K ; значение коэффициентов условий работы принимаются по нижеследующей таблице:

Придерживаясь приведенной в нормативных документах формы записи, можно показатель суммарных деформаций для высотных зданий, записать в виде:

$$\Delta l = l \sqrt{m_\varepsilon^2 \varepsilon_1^2 + m_K^2 \frac{H^2}{R_1^2} + m_i^2 \frac{H^2}{l^2} i^2} \quad (4)$$

где m_i - коэффициент условий работы при учете воздействия на здание или сооружение наклонов, определяемый по вышеприведенной таблице.

В заключение необходимо отметить, что природа деформаций основания зданий может быть различна, а последствия одинаковы. Интегральным показателем влияния различных процессов являются деформации основания и подземной части здания, отслеживаемые инструментальными наблюдениями. Поэтому назрела острая необходимость создания нормативного документа, регламентирующего эти наблюдения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маркшейдерия: Учебник для вузов / под ред. М.Е. Певзнера, В.Н. Попова.* – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003.-419 с.

2. *Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях.* - СПб., ВНИМИ, 1998. - 419 с.

Коротко об авторах

Иофис М.А. – профессор, доктор технических наук,
Негурица Д.Л. – кандидат технических наук,
 ИПКОН РАН.

