

*к.т.н., доц.Каличава Т.Б.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Розглянуті імовірнісні методи визначення впливу на стан будівель деформацій підстав, з урахуванням їх розсіяння, методами для визначення впливу на стан будівель протікаючих в складних ґрунтових умовах регулярних деформаційних процесів (осідань над гірськими виробленнями і ін.), яким властива та ж невизначеність результатів першого роду, що і регламентованим будівельними нормами процесам.

Протекающие в грунтовой среде процессы отличает большой разброс характеризующих конечные результаты действия этих процессов показателей, в нашем случае - обобщенных показателей влияния на состояние зданий деформационных процессов сложных грунтовых условий (оседаний, горизонтальных перемещений, коэффициентов жесткости оснований зданий и т. п.). Их изменения по законам случайных событий, создают первого рода неопределенность влияния рассматриваемых процессов на состояние зданий.

Эта неопределенность, касающаяся величин упомянутых показателей, присуща и регулярно протекающим, и стохастическим деформационным процессам. Но последние характеризует еще и иная неопределенность, которую будем именовать неопределенностью второго рода. Ее суть в том, что стохастические процессы инициируют факторы влияния (замачивание лессовых грунтов, сейсмические волны и т.п.) возникновения и действие на грунт которых протекает также по законам случайных событий. Поэтому за срок службы зданий эти процессы могут и не возникнуть.

В строительных нормах рекомендованы вероятностные методы расчетов несущей способности и деформаций оснований зданий, где протекание процессов выпора грунта и осадок зданий определяют с учетом разброса конечных результатов. Расчеты производят по задаваемому уровню надежности здания, оцениваемому допустимой вероятностью отказа. Их применение локализует влияние неопределенностей

первого рода, не допуская снижения надежности здания ниже упомянутого уровня.

Однако эти методы расчетов разработаны и применяются лишь для двух упомянутых деформационных процессов, протекающих в обычных и сложных грунтовых условиях. Для других протекающих в сложных условиях регулярных и стохастических процессов просадки, оседания при подработке и др., методы локализации неопределенностей первого рода не разработаны. Расчеты влияния этих процессов на здания ведут без учета их разброса, т.е. без определения вероятности отказов, определяемых случайным превышением расчетных показателей влияния.

Локализовать влияние на состояние зданий неопределенностей протекания этих процессов можно таким же образом, как это сделано в нормах для двух процессов. Для этого нужно иметь для них методы расчетов, аналогичные изложенным в упомянутых нормах для двух упомянутых процессов, и эти методы использовать для вероятностных расчетов величин принятых обобщенных показателей влияния на здания грунтовых деформационных процессов в сложных грунтовых условиях. В этом случае требуемый уровень надежности зданий также будет выдержан. Полученные в результате таких расчетов величины упомянутых обобщенных показателей, по аналогии с рекомендованными нормами [5] следует именовать расчетными.

В качестве примера приведем разработанный нами на такой основе метод определения влияния на состояние здания процесса оседаний грунта над горной выработкой, с заданной вероятностью не превышения величин этих оседаний. Исходные для такого расчета величины нормативных (по терминологии) оседаний s_n над горными выработками должны быть определены по обычно применяемым для этого маркшейдерским формулам. Расчетные величины s_p с заданной вероятностью не превышения уровня вероятности P определяют, вводя коэффициент безопасности по грунту k_r :

$$s_p = s_n/k . \quad (1)$$

Последний связан показателем точности нормативного значения π_T :

$$k_r = 1/(1 - \pi_T). \quad (2)$$

В свою очередь показатель π_T равен произведению коэффициента вариации v на коэффициент t_a , зависящего от заданной вероятности P :

$$\pi_T = v t_a . \quad (3)$$

Коэффициент вариации v в данном случае равен 0,15 при надежном определении основного исходного показателя для определения оседания - мощности разрабатываемого угольного пласта выработками действующей шахты и 0,25 при определении его разведочными скважинами. Величины t_a принимаются равными 1,16, 1,48, 2,01 и 3,36 при величинах заданной вероятности P соответственно 0,85, 0,9, 0,95 и 0,99. Аналогичным образом могут быть определены расчетные величины других обобщенных показателей влияния на здания грунтовых деформационных процессов в сложных грунтовых условиях.

При оценках вероятных отказов зданий, определяемых протеканием в сложных грунтовых условиях деформационных процессов, следует учитывать не только неопределенности их протекания первого рода, но и другие виды неопределенностей. Соответственно, если существует опасность возникновения грунтовых деформационных процессов при определении надежности зданий на ненадежных основаниях, должны быть разработаны инженерные методы учета влияния всех неопределенностей.

Вероятность возникновения в основаниях зданий за срок их службы, стохастических процессов сложных грунтовых условий: просадочных, оползневых, карстово-суффозионных и других, которое определяют техногенные и природные случайные события (замачивание, подрезка склона, вибрация и др.) изменяется в широких пределах, от 0,05 - 0,1 и до 0,5 и редко бывает большей. Поэтому размеры экономического ущерба от таких процессов могут быть очень разными, и вероятность их может быть невелика. С учетом этого для перечисленных процессов вероятность совпадения реального ущерба с максимальным, рассчитанным по детерминистской методике, не превышает 0,25 - 0,3, а вероятность того, что или его не будет вообще, или он будет много меньше, достигает 0,7 - 0,75, т. е. рассчитанный по такой методике ущерб значительно завышен.

Поэтому коэффициент, учитывающий при выполнении технико-экономических расчетов влияние неопределенностей второго рода, должен быть не повышающим, как для неопределенностей первого рода, а понижающим. Его величина может быть принята равной от 0,5 до 0,9.

При влиянии грунтовых процессов в основаниях отказы зданий происходят в форме разных разрушения и повреждения. Наиболее опасен полный отказ с внезапным обрушением несущих конструкций, с угрозой гибели и травм людей. Менее опасен полный отказ, протекающий не внезапно, т.е. без такой угрозы, но завершающийся полным разрушением здания. Частичные отказы приводят к разным повреждениям, устраняемым проведением капитальных ремонтов с прекращением экс-

плуатации или текущих ремонтов, без ее прекращения. Соответственно, можно выделить такие типы отказов разных зданий:

Полные отказы в форме внезапных обрушений конструкций ($\zeta_{зд}=1$), приводящих к гибели или травмам людей в разрушающихся зданиях; наиболее опасны такие отказы зданий с большим скоплением людей (зрительные и торговые залы и т.п.).

Полные отказы зданий, не внезапные (без опасности для людей), но в форме полного разрушения ($\zeta_{зд}=1$) или больших повреждений ($\zeta_{зд}\rightarrow 1$), не устранимых ремонтами, а требующих их разборки, что приводит к экономическому ущербу, равному или большему полной стоимости этих зданий; наиболее нежелательны такие отказы уникальных зданий - памятников истории или архитектуры и важнейших промышленных объектов, поскольку в первом случае это ведет к безвозвратной потере представляющих большую ценность памятников, во втором - к народнохозяйственным потерям.

Частичные отказы зданий с большой степенью ($1 > \zeta_{зд} > 0,5$), устранение последствий которых требует капитальных ремонтов с временным прекращением эксплуатации, экономический ущерб в этом случае определяет стоимость ремонта и потерь от прекращения эксплуатации.

Частичные отказы зданий с небольшой степенью ($\zeta_{зд} < 0,5$), последствия которых устраняются текущими ремонтами без прекращения эксплуатации с экономическим ущербом, равным стоимости ремонта.

Отказы в форме внезапных обрушений опасных для жизни людей следует рассматривать в соответствии с основными положениями теории риска и обоснованными в ней подходами к допустимости разрушительных процессов, приводящих к гибели людей [7]. Может быть допущена лишь очень небольшая вероятность полного отказа системы здание-основание, соизмеримая с допустимой вероятностью стихийных бедствий, приводящих к не предотвращаемым человеческим жертвам. Таким образом, если возникает опасность для жизни людей, то защитные меры должны предусматривать ее наиболее полное, технически осуществимое предотвращение, независимо от стоимости этих мер.

Исходя из опыта строительства, отраженного в строительных нормах [5], в подобных случаях, когда речь идет о возможном внезапном разрушении здания, в частности в расчетах оснований на несущую способность, достаточной считается доверительная вероятность P_α , равная 0,99 для наиболее ответственных объектов, в данном случае - зданий с большим скоплением людей, 0,95 – для иных зданий.

Для рядовых объектов, полные и частичные отказы которых описаны в остальных пунктах приведенного выше перечня, стоимость применяемых мер защиты определяется технико-экономическими расчетами. Поскольку в таком аспекте их принятие носит предварительный оценочный характер, для таких расчетов могут быть приняты уровни доверительной вероятности, равные 0,85 – 0,95, что соответствует уров-

ням доверительной вероятности, заложенным действующими нормами [5,6] в свойства грунтов, принимаемые при расчетах таких же зданий.

Вероятностные технико-экономические расчеты оптимальных затрат на защитные мероприятия от воздействий деформационных процессов в сложных грунтовых условиях сводятся к определению:

1. Вероятности опасных для людей отказов зданий, протекающих в формах внезапных обрушений конструкций.

2. Вероятного экономического ущерба от полных или частичных отказов, протекающих в не опасных для людей формах, при применении защитных конструктивных мероприятий разных уровней.

С учетом изложенного следует считать, что в современных условиях рыночной экономики, когда значение экономических показателей возросло, возведение и эксплуатация различного типа зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях без защитных мероприятий, может иметь достаточно большую область применения, в пределах которой экономичность такого подхода неоспорима. Эта область охватывает легкие грунтовые условия, где параметры деформационных процессов невелики, а вероятность возникновения деформационных процессов в основаниях зданий за срок их службы не превышает 0,5.

Применение в таких условиях мер защиты, призванных локализовать возможные негативное воздействие сложных условий строительства, не вполне оправдано, так как в ряде случаев влияние сложных грунтовых условий за срок службы возводимого сооружения может не проявиться. Вследствие этого, при экономическом ресурсно-хозяйственном подходе возникает необходимость оценивать вероятность их безаварийной эксплуатации и рассчитывать промежутки времени, в течение которых инженерно-геологические условия не претерпят существенных изменений и не смогут ухудшить техническое состояние конструкций здания.

Эти оценки и расчеты могут быть осуществлены вероятностными методами, так как время опасного изменения состояния основания здания и степень этого изменения, определяет в большинстве случаев в сложных грунтовых условиях случайное по пространственным координатам, масштабу проявления и времени возникновения сочетание техногенных и природных факторов влияния на здания.

Сочетание вероятностных и детерминированных расчетов дает возможность обосновано определять экономическую целесообразность защитных мер по усилению конструкций и оснований в сложных грунтовых условиях.

При выполнении сравнительных расчетов вариантов защиты зданий в сложных грунтовых условиях было принято, что альтернативой полному комплексу конструктивной защиты является и значительно более дешевая упрощенная защита, и строительство без защитных мер, но с обязательным страхованием объекта от разрушения.

Выполненные исследования подтвердили целесообразность применения высоконадежного, с избыточным запасом надежности метода защиты зданий от повреждений грунтовыми деформационными процессами в наиболее тяжелых грунтовых условиях, с высоким уровнем деформаций и большой (более 0,5) вероятностью развития грунтовых деформационных процессов за срок службы зданий. В этих условиях конструктивные меры защиты должны быть рассчитаны на предотвращение полных отказов и сведение к минимуму частичных отказов зданий.

Условно надежный метод защиты зданий от повреждений грунтовыми деформационными процессами экономически выгодно использовать в легких грунтовых условиях.

Обоснование потребности в страховании зданий в сложных грунтовых условиях показали, что возведение и эксплуатация различного типа зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях без защитных мероприятий, может иметь достаточно большую область применения. Но непременным условием возведения зданий в сложных грунтовых условиях без защитных мероприятий является их страхование от повреждений. Оно необходимо, чтобы собственники поврежденных объектов не имели противоречащих цивилизованным нормам больших убытков в случае мало вероятных, но возможных больших повреждений зданий.

Ставки страхования должны сбалансировать риск потерь в экономическом эквиваленте собственников и страховых компаний. При этом основой для их расчетов должны быть ожидаемые убытки, оцененные по вероятности повреждений зданий в данных условиях, с учетом статистики аварий в процессе эксплуатации зданий по геотехническим причинам. Они могут быть определены специалистами в достаточно короткое время. Их наличие позволит каждому реальному и потенциальному собственнику приблизительно оценить размер средних и максимально возможных потерь на протяжении времени эксплуатации, проектируемого в сложных грунтовых условиях здания. В последующем на основе этих ставок должен быть составлен вероятностный геотехнического кадастр территорий со сложными грунтовыми условиями, с определением вероятности во времени возникновения в различных условиях грунтовых деформационных процессов.

Поскольку строительство и эксплуатация в сложных инженерно-геологических условиях связанная из риском повреждения зданий и сооружений, обусловленные геотехническими грунтовыми процессами, причем, с одной стороны, разброс возможных непредвиденных вариантов убытков на каждом объекте массового строительства довольно значителен, с другой, большие повреждения на протяжении срока службы зданий выведут из строя их меньшую часть, причем не в одно и то же время, как правило, не по вине строительной и эксплуатационной организации, а благодаря просадочности грунтовых оснований.

При страховании зданий в сложных грунтовых условиях возникнут объективные и субъективные трудности. Первые определяют геотехнические и юридические причины - недостаточная степень изученности и отсутствие законодательной базы. Вторые более разнообразны, в основе их лежит неосведомленность общества о причинах и распространенности повреждений зданий в сложных грунтовых условиях и о преимуществах страхования их последствий.

Вероятностные методы определения влияния на состояние зданий деформаций оснований, с учетом их рассеяния, в строительных нормах регламентированы лишь для протекающих во всех грунтовых условиях процессов выпора и осадки, в статье разработаны по аналогии такие же методы для определения влияния на состояние зданий протекающих в сложных грунтовых условиях регулярных деформационных процессов (оседаний над горными выработками и др.), которым присуща та же неопределенность результатов первого рода, что и регламентированным строительными нормами процессам.

Нерегулярные стохастические деформационные процессы сложных грунтовых условий (просадочные, карстово-суффозионные, оползневые), кроме неопределенности первого рода, отличает еще неопределенность второго рода, обусловленная тем, что их инициируют случайные события (замачивание грунта, обрушение карстовой полости и т.п.), вследствие чего в основании здания за срок его службы такой процесс может и не начаться; поэтому рассчитанный по максимально возможному уровню повреждений ущерб от этих процессов в большинстве случаев много больше реального, и при вероятностных методах его определения вводится понижающий коэффициент.

Технико-экономические расчеты оптимальных затрат на защитные мероприятия от воздействий деформационных процессов в сложных грунтовых условиях производятся по критериям:

- предельно малой вероятности опасных для людей отказов зданий, в форме внезапных обрушений конструкций;
- минимума суммы затрат на защитные мероприятия и вероятного экономического ущерба от полных или частичных отказов.

При проведении таких расчетов сравнивают методы защиты:

- высоконадежный, рассчитанный на сохранение здания без заметного ухудшения условий эксплуатации и больших затрат на ремонты, наиболее эффективный в тяжелых грунтовых условиях при больших деформациях;
- обычной надежности, рассчитанной на предотвращение разрушения здания, с временным ухудшением условий эксплуатации в период протекания деформаций основания и потребностью ремонта после этого, эффективный в более легких грунтовых условиях;
- без защитных мероприятий, со страхованием здания от повреждений, который может быть применен в легких грунтовых условиях.

Рассмотрены вероятностные методы определения влияния на состояние зданий деформаций оснований, с учетом их рассеяния, методами для определения влияния на состояние зданий протекающих в сложных грунтовых условиях регулярных деформационных процессов (оседаний над горными выработками и др.), которым присуща та же неопределенность результатов первого рода, что и регламентированным строительными нормами процессам.

There were considered stochastic methods for determining the influence of base deformations taking into account their diffusion onto the conditions of buildings being occurred in complex ground conditions of regular deformation processes (settling over the mine excavations etc), which have the same uncertainty of the first sort results as the processes regulated by building specifications.

Библиографический список.

1. Черный Г.И. Изменение физико-механических свойств грунтов при динамических нагрузениях. К. "Наукова думка", 1979, 130 с.

2. Черный Г.И. Устойчивость подрабатываемых бортов карьеров. М. "Недра", 1980.

3. Швец В.Б. и др. Выбор рациональных размеров свай заданной несущей способности с помощью метода машинного моделирования. – Основания и фундаменты в геологических условиях Урала. Межвузовский сборник научных трудов. Пермский политехнический институт. 1984. С.18-22.

4. СНиП 1.03.07-87. Инженерные изыскания для строительства. - М.: 1988. – 104 с.

СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. - М.: 1997. – 50 с.

5. СНиП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства - М.: 1997. – 48 с.

6. Тейлор Д. Основы механики грунтов. Госстройиздат, М, 1960.

7. Sogge R.L. Laterally loaded pile design."J. Geotechn.Eng. Div. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng.", 1981, 107, №9, pp.1179-1199.

8. Диссертационная работа Каличава Т.Б. «Критерії оцінок інженерного захисту фундаментів будівель у складних ґрунтових умовах», Киев, НИИСК, 2006.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Давиденко А.И.