



ПЕТРАКОВ АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ

Доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией исследования зданий и сооружений на подрабатываемых и карстоопасных территориях ГП "Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций". Заведующий кафедрой оснований, фундаментов и подземных сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Действительный член Академии строительства Украины.

Основные направления научной деятельности: нелинейная механика грунтов, расчет сооружений на деформируемом основании и в грунтовой среде, исследование зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях.

Автор более 200 опубликованных работ.

E-mail: niiskdon@rambler.ru



СВЕТНИЦКИЙ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Инженер-строитель.

Основные направления научной деятельности: разработка разделов и отдельных положений нормативных документов, исследование горизонтальных и вертикальных деформаций земной поверхности и воздействий от подработки на подземные трубопроводы.

Автор более 10 опубликованных работ.

УДК 624.153.525

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Ключевые слова: сдвигание земной поверхности, меры защиты, критерии предельных состояний.

Анализируется технический уровень и обсуждаются перспективные направления решения проблемы проектирования и строительства зданий и сооружений на подрабатываемых территориях на современном этапе.

Аналізується технічний рівень і обговорюються перспективні напрямки рішення проблеми проектування і будівництва будівель і споруд на підроблюваних територіях на сучасному етапі.

Analyzes the technical level and discusses promising directions for solving the problems of design and construction of buildings and structures on undermined areas at the present stage.

Проблема строительства и защиты зданий и сооружений на подрабатываемых территориях сформировалась как научное направление в 1958 г. после выхода первого общесоюзного нормативного документа ВТУ-01-58, в котором были обобщены накопившиеся к тому времени данные по натурным наблюдениям за деформациями земной поверхности при подработке территорий и напряженно-деформированному состоянию конструкций подработанных объектов. В развитие методов предельных состояний, принятых в теории строительных конструкций, был предложен метод оценки технического состояния подрабатываемых объектов по показателю приведенных деформаций, косвенно учитывающих конструктивные особенности и состояние подрабатываемого объекта. В связи с тем, что указанный метод базировался в основном на материалах натурных наблюдений за подрабатываемыми объектами, область его применения ограничивалась малоэтажными жилыми и промышленными зданиями и некоторыми видами сооружений и коммуникаций.

В период с 1965 по 1985 г.г. решались проблемы массовой застройки подрабатываемых территорий жилыми зданиями и расконсервации запасов угля в целиках под крупными промышленными комплексами. В этот период получило

широкое развитие экспериментальное строительство. Были проведены натурные испытания более двадцати зданий и сооружений в условиях естественного влияния подземных горных выработок и при искусственном задании сдвижений основания. На основании проведенных исследований были разработаны типовые проекты для застройки подрабатываемых территорий при пологом и крутом залегании угольных пластов жилыми домами повышенной этажности. Разработаны и реализованы проекты комплексных мер защиты металлургических и коксохимических заводов, сооружений транспорта, магистральных коммуникаций и др. при расконсервации под ними угольных целиков. Результатом теоретического обобщения выполненных в указанный период большого объема уникальных экспериментальных исследований явились главы СНиП (1971, 1979), Руководств к СНиП (1977, 1986)[3] и Пособий по проектированию и защите зданий и сооружений на подрабатываемых территориях.

Параллельно с развитием нормативной базы в области строительства развивалась маркшейдерская наука о сдвигении земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений. Были исследованы параметры сдвижения земной поверхности при разработке крутопадающих угольных пластов, разработана методика расчета деформаций земной поверхности при наличии в горном массиве тектонических нарушений и старых горных выработок и др. Эти исследования явились базой для совершенствования Правил охраны подрабатываемых объектов строительства [4].

Исторически сложилось так, что проблема подрабатываемых территорий развивалась в двух отраслях народного хозяйства – в горнодобывающей отрасли и в строительной отрасли. При этом каждая отрасль ставила на первое место аспекты проблемы, которые для нее являлись определяющими. Совершенно естественно, что горнодобывающая отрасль преследовала цель выемки угля под застроенными территориями с минимальными затратами на охрану подрабатываемых объектов. В свою очередь строительная отрасль на первый план выдвигала проблемы прочности и устойчивости подрабатываемых зданий и сооружений. Поскольку цели указанных отраслей входили в определенные противоречия, для комплексного решения проблемы в 1975 г. был создан Межведомственный Координационный Совет. Указанный Совет активно способствовал гармоничному решению проблемы до 1987 г. За это время созданы инструктивно-нормативные документы, основанные на увязке системных подходов к решению проблемы с учетом ведомственных интересов заинтересованных сторон.

С 1990 г. и по настоящее время в развитии данной проблемы наметился определенный спад. За это время изданы новые редакции ДБН [1] и Правил охраны [2]. Однако эти документы основаны, в основном, на исследованиях прошлых периодов и существенно новых положений не содержат. Более



Рис. 1. Разрушение диафрагмы жесткости и колонны в подвале.

того, при подготовке новой редакции ДБН (в замен СНиП) были опущены некоторые технически прогрессивные положения из действовавших ранее норм и допущены досадные ошибки. Системно и на постоянной основе проблема развивается в институте УкрНИМИ НАН Украины. В организациях строительного комплекса проблема развивается бессистемно и, в основном, в части практического приложения результатов ранее выполненных исследований.

Снизился технический уровень проектирования и строительства зданий и сооружений на подрабатываемых территориях, что в отдельных случаях приводит к аварийным ситуациям или существенно снижает надежность сооружений. В качестве примеров отметим следующее.

Общеобразовательная школа №2 в городе Краснодоне Донецкой области в 2005 г. частично выведена из эксплуатации в связи с разрушением диафрагм жесткости и колонн в подвальном помещении (рис. 1).

Причиной аварии послужило отступление от проекта при устройстве фундаментной части здания. Зазор в деформационном шве был перекрыт плитами в уровне перекрытия над подвалом. При этом зазор между фундаментами оставлен проектным. При воздействии на здание горизонтальных деформаций сжатия земной поверхности произошло сближение фундаментов у деформационного шва с разрушением диафрагм жесткости и колонн по схеме среза.

Другим примером является снижение надежности соору-

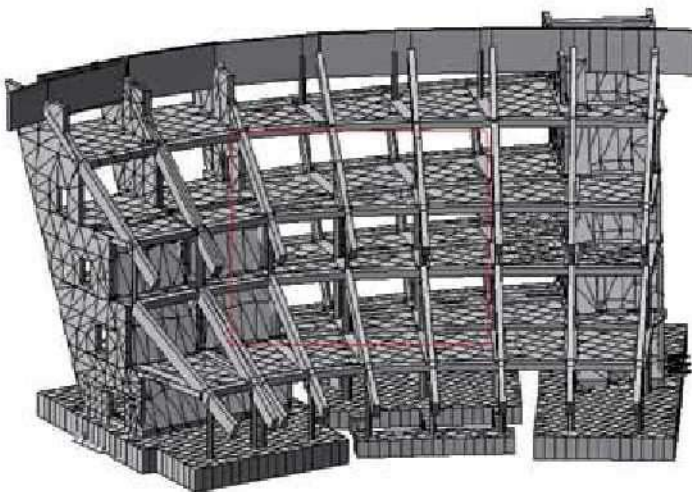


Рис. 2. Расчетная модель деформационного блока.

жения стадиона "Донбасс Арена" в связи с ошибками при проектировании фундаментов. Здание запроектировано на подрабатываемой территории при наличии в горном массиве тектонических разломов. В качестве меры защиты от влияния горизонтальных деформаций земной поверхности сооружение разделено на деформационные блоки (рис. 2), а в уровне подошвы массивных плитных фундаментов в каждом блоке устроена слабо армированная плита (компенсационный слой).

Поверочные расчеты сооружения [9], выполненные по нормам [1,3], привели к результатам, представленным в таблице 1.

По данным таблицы 1 в случае проявления расчетных деформаций земной поверхности компенсационный слой в уровне подошвы фундаментов будет разрушен. При этом в плитах и балках перекрытия первого этажа возникнут

ограничения по напряжениям и усилиям в конструкциях и не предполагают учет ограничений по деформациям для особых сочетаний воздействий, каковыми являются воздействия от подработки территории.

В условиях прогрессирующего физического износа основных фондов в Украине актуальной становится проблема диагностики технического состояния эксплуатируемых зданий и сооружений. Актуальность этой проблемы многократно возрастает применительно к зданиям и сооружениям, претерпевшим влияние подземных горных выработок. При этом методы диагностики технического состояния зданий и сооружений на подрабатываемых территориях требуют специального развития.

Актуальность проблемы обусловлена также и другими аспектами, к которым относятся: увеличение глубины разработки угольных пластов и изменение характера распре-

деления и величин деформаций в мульде сдвижения; расконсервация запасов угля из охранных целиков под густо застроенными территориями; увеличение удельного веса подрабатываемых территорий со сложными горно-геологическими условиями, повышение этажности городской застройки и связанная с этим проблема защиты зданий от кренов и др.

Некоторые из актуальных аспектов проблемы отметим отдельно.

В теоретическом плане при расчете зданий и сооружений на подрабатываемых территориях основным аспектом является учет совместной работы системы "основание – фундамент – верхнее строение". При этом выбор модели грунтового основания приобретает определяющее значение, так как от этого зависят не только величины усилий в конструкциях, но и вид напряженного состояния (растяжение – сжатие, прогиб – выгиб). В этой связи настоятельно рекомендуется широко использовать модель основания профессора Клепикова С. Н. [8],

которая позволяет в широких пределах учитывать реальные распределительные свойства грунтов от модели Винклера до модели линейно деформируемого полупространства. В связи с этим необходимо незамедлительно исправить ошибки, связанные с описанием этой модели в документе [1]. Влияние на результаты расчетов зданий на подрабатываемых территориях жесткостных характеристик основания представлено на рис. 3.

Из графиков этого рисунка следует, что вертикальные напряжения в стенах, возникающие от искривления земной поверхности, могут довольно часто превышать расчетное сопротивление кладки на сжатие (график, параллельный оси абсцисс). При этом указанные напряжения тем выше, чем более жестким является основание фундаментов.

Не менее важным в теоретическом плане являются методы анализа напряженно-деформированного состояния конструкций, подверженных деформационным воздействиям. Здесь следует отметить, что анализировать результаты расчетов зданий и сооружений на аварийное сочетание нагрузок, включающее деформации земной поверхности как нагружающий фактор, с использованием уравнений прочности, сформулированных в напряжениях и усилиях, лишено всякого смысла. Расчет конструкций на деформационные воздействия и анализ результатов таких рас-

Таблица 1. Анализ результатов расчета основных несущих конструкций стадиона "Донбасс арена"

Вид конструкции	Схема	Суммарные усилия, кН, кНм			Несущая способность, кН, кНм			Осадка s, мм
		N	M	Q	N	M	Q	
Фундаментная плита (компенсационный слой 140 мм)	1	1331,4	87,6 -90,8	-	393	25,0	-	53,3
	2	393,0	25,0	-	393	25,0	-	53,3
Плиты перекрытия первого этажа (300 мм)	1	65,7	61,8 -64,5	140 -119	280	65,0 -71,0	320	-
	2	480,0	69,8 -95,5	-	280	65,0 -71,0	-	-
Балки перекрытия первого этажа	1	915 -743	836 -1092	603 -704	1550	1300 -1200	1150	-
	2	2727 -978	1474 -1721	746 -802	1550	1300 -1200	1150	-

Примечание: А. В таблице принято следующее обозначение схем: 1 – конструктивная схема сооружения по проекту; 2 – конструктивная схема сооружения по проекту с учетом разрушения компенсационного слоя от действия горизонтальных деформаций земной поверхности; Б. Усилия в плитах указаны на один погонный метр поперечного сечения.

усилия (схема 2), превышающие несущую способность указанных конструкций. Прогнозируемая форма разрушения сооружения – разделение деформационного блока (рис. 2) на три секции. Отмеченный здесь просчет уже сказывается на условия эксплуатации сооружения, в конструкциях которого периодически возникают трещины и за которым проводится систематический мониторинг технического состояния.

Акценты актуальности проблемы по сравнению с предыдущими периодами несколько сместились. Интенсивность деятельности горнодобывающих предприятий существенно снизилась, в связи с чем сократились площади подрабатываемых территорий и количество подрабатываемых объектов. Вместе с тем повысились требования инвесторов в отношении эксплуатационных качеств объектов строительства. Если раньше речь, в основном, шла об удовлетворении критериям первой группы предельных состояний, то сегодня довольно часто на первое место выходит проблема удовлетворения критериям второй группы предельных состояний. Такой подход к проблеме защиты зданий и сооружений на подрабатываемых территориях, в основе которого лежат ограничения по деформациям, уже давно применяется в Польше и, очевидно, скоро станет нормой и в Украине. Действующие нормы Украины основаны на

Зависимость вертикального напряжения (N_y) в стене вдоль оси Y от кривизны ЗП

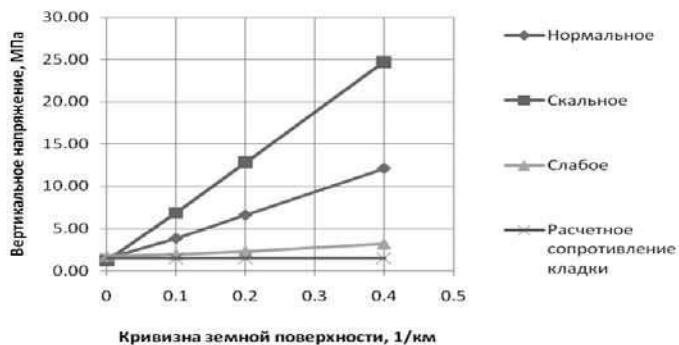


Рис. 3. Влияние жесткости основания на напряжения в стеновой конструкции при воздействии искривления земной поверхности.

четов должны выполняться исключительно с использованием деформационных критериев для оценки предельных состояний первой группы. Современные методы расчета строительных конструкций основаны на деформационной теории, что является несомненным достижением [6]. Следует отметить, что такой подход уже давно используется при расчете конструкций зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях строительства. Остается за малым – нормировать простые и обобщенные деформационные критерии для предельных состояний первой группы. Это позволит унифицировать расчеты строительных конструкций на все виды нагрузок и воздействий. Особенно это важно при диагностике технического состояния эксплуатируемых на подрабатываемых территориях зданий и сооружений. Если строительная наука не даст достоверных методов такой диагностики, по-прежнему будут применяться субъективные косвенные методы, предложенные на заре становления проблемы горными инженерами [2,4], например, безопасная глубина подработки, суммарная ширина трещин в стенах и др.

В связи с увеличением этажности городской застройки на подрабатываемых территориях актуальной является проблема защиты высоких сооружений от кренов земной поверхности. Строительными нормами [5,7] величина крена для высокого сооружения ограничивается величиной 2 мм/м. Однако даже для самой легкой группы подрабатываемых территорий (IV группа) величина крена земной поверхности может составлять 5 мм/м. Рассмотрим пример, связанный с обсуждаемой проблемой.

Жилой дом на площади конституции в г. Донецке получил в процессе эксплуатации крен, который привел к отклонению верха здания от вертикали на 320 мм. При высоте здания 55,45 м его крен составил 5,77 мм/м, что примерно в три раза больше допустимого нормами. При теоретическом анализе выявлены следующие компоненты общего крена здания:

- отклонение, вызванное вертикальными нагрузками, – 90,2 мм;
- отклонение от крена земной поверхности 3,5 мм/м – 194 мм;
- отклонение от моментной нагрузки, обусловленной общим креном здания, – 26,8 мм.

Таким образом, теоретическая величина отклонения верха здания от вертикали составила 311 мм, что согласуется с экспериментально определенной величиной 320

мм. Из указанных компонентов 90,2 мм и 26,8 мм могли быть устранены при правильном проектировании фундаментов. Однако оставшийся крен 3,5 мм/м от деформаций земной поверхности является неотвратимым, в связи с чем здание требует специальных мер защиты. На практике указанный дом продолжает эксплуатироваться, поскольку представляет собой социальное жилье, для которого нормы нормальной эксплуатации нарушаются повсеместно. Однако есть предостерегающие примеры, когда в новом 22-х этажном жилом доме с креном до 3 мм/м уже не один год не покупаются квартиры по причине несоответствия нормам нормальной эксплуатации. Это подтверждает актуальность защиты зданий и сооружений на подрабатываемых территориях от кренов.

В свое время был разработан и широко внедрен для защиты от кренов 9-ти этажных жилых домов метод выравнивания домкратами. Для зданий высотой 16 – 25 этажей такой метод не разработан в связи с отсутствием соответствующего оборудования. Методы защиты зданий и сооружений на подрабатываемых территориях от кренов целесообразно разрабатывать в таких направлениях:

- горнотехнические меры защиты, при применении которых, как показывает практика, крены земной поверхности не превышают 1,5 мм/м;
- методы, основанные на управлении осадками основания, например, горизонтальное выбуривание грунтов основания, требуют специальных исследований и проектных решений, осуществляемых при строительстве здания;
- методы управления осадками с использованием специальных гидравлических систем большой грузоподъемности, имеют аналоги, например, в Германии и требуют специальных разработок и исследований в Украине;
- специальные конструкции фундаментов с изменяемой в процессе эксплуатации сооружения площадью подошвы и высотой.

Требуют совершенствования методы расчета деформаций земной поверхности, которые долгое время не подвергались независимому анализу и содержат укоренившиеся ошибочные предпосылки.

В ходе исследований [10] было установлено, что в действующей методике расчета деформаций земной поверхности от влияния горных выработок требования об определении точки максимального оседания в мульде сдвижений в



Рис. 4. Общий вид жилого дома №5 на пл. Конституции в г. Донецке.

зависимости от угла падения угольного пласта не имеют ни корректного теоретического, ни достоверного экспериментального обоснования. Кроме того, эти требования противоречат всем опубликованным результатам инструментальных наблюдений. Определение точки максимального оседания в [2,4] базируется на более чем странном утверждении о том, что горная «выработка вносит «возмущение» в гравитационное поле». К сожалению, при разработке документа [2] не был сделан анализ и оценка качества документ [4], взамен которого выпущен стандарт. При этом были тиражированы укоренившиеся ошибки. К их числу в первую очередь следует отнести неоднозначное определение границ зон влияния горных выработок на земную поверхность. Такая неоднозначность, строго говоря, не позволяет использовать стандарт в качестве нормативного документа.

Позаимствованные из документа [4] (с добавлением слова «показатели») допустимые показатели деформаций (основные параметры, в соответствии с которыми якобы можно оценить техническое состояние объекта при подработке) не несут никакой технической определенной информации и не могут быть использованы для принятия решений о введении строительных или горных мер защиты.

При выполнении исследований [11] Светничким С. А. был разработан метод расчета деформаций земной поверхности от влияния горных выработок на основании решения краевых задач для системы дифференциальных уравнений, которая описывает деформированное состояние горного массива. Дифференциальные уравнения в этих исследованиях учитывают влияние перемещений на равновесие элементов массива. Указанная методика апробирована путем сопоставления результатов расчетов с результатами натурных наблюдений и рекомендуется для использования при корректировке соответствующих нормативных документов.

ВЫВОДЫ:

1. Технический уровень проектирования и строительства зданий и сооружений на подрабатываемых территориях является недостаточным и требует большего внимания специалистов, работающих в этой области к соблюдению требований действующих нормативных документов. Совершенно очевидно, что при грамот-

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.1-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах.-Ч. 1: Будинки і споруди на підроблюваних територіях.-Держбуд України, Київ.-1999. - 65 с.
2. ДСТУ 101.00159226.001 – 2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: К., 2004. – 128 с.
3. Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. Часть II. – М: Стройиздат, 1986. – 304 с.
4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях: Недра. – М., 1981. – 283 с.
5. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будинків і споруд / Мінрегіонбуд України. – Київ. – 2009. – 104 с.
6. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
7. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогнибы и перемещения. – Минстрой Украины. – Киев. – 2006. – 9 с.
8. Клепиков С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании. – К.: НИИСК, 1996. -200 с.
9. Экспертное заключение "О соответствии конструкций сектора NA стадиона "Шахтер" в г. Донецке требованиям нормативных документов на строительство в районах с подрабатываемыми территориями" (работа выполнена по договору №1792 от 31. 01. 08 г.) . – К.: НИИСК, 2008. -62 с.
10. Вплив анізотропії і фізичної нелінійності гірських порід на здеформований стан масиву і земної поверхні при проведенні підземних виробок. Розроблення пропозицій щодо коректування методик оцінки впливу гірничих виробок на породний масив і підвалини споруд у складних гірничо-геологічних умовах: звіт про НДР (закл.) / УкрНДМІ; Керівник В.Р. Шнеер.- 7/03; № ДР 0102U007321. –Донецьк, 2006. – 55 с.
11. Дослідження закономірностей стійкості і докритичних деформацій схилів мезорельєфу в умовах впливу підземних гірничих виробок та просідання ґрунтів з розробкою методів розрахунку лінійності гірських порід на здеформований стан масиву і земної поверхні при проведенні підземних виробок. Аналіз існуючих методів в оцінки стійкості і деформацій схилів і розробка загальних принципів алгоритмів дослідження докритичних деформацій і стійкості схилів мезорельєфу в умовах впливу зрушення породного масиву під ними: звіт про НДР (пром.ж.) / УкрНДМІ; керівник В.Р. Шнеер. – III 10/07 ; № ДР 0106U011437. – Донецьк, 2007. – 90 с.

ном проектировании случаи строительных аварий, описанные в настоящей статье, не должны иметь место.

2. Научные исследования и нормативная база в области проектирования и строительства зданий и сооружений на подрабатываемых территориях длительное время не прогрессируют. Нуждаются в развитии следующие направления научных исследований:

- взаимодействие сооружений с деформируемым основанием с учетом реальных свойств грунтов и моделей, описывающих эти свойства;
- методы расчета сооружений по деформированной схеме и разработка нормированных деформационных критериев для оценки предельных состояний первой группы (расчеты по прочности).

3. Актуальной является проблема защиты зданий повышенной этажности от кренов. От ее решения зависят потребительские свойства объектов строительства в условиях рыночной экономики. Целесообразно развивать и совершенствовать горнотехнические методы, методы управления осадками основания, специальные конструкции фундаментов с изменяющимися параметрами в процессе эксплуатации сооружения. Для внедрения перечисленных методов требуется обширная программа экспериментального строительства зданий и сооружений на подрабатываемых территориях (по примеру 70 – 80 годов прошлого столетия).

4. В связи с невысокой вероятностью прогнозирования деформаций земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений рекомендуется внедрить в инженерную практику более достоверные методики расчета деформаций земной поверхности, основанные на гипотезах механики сплошных сред.

5. Нуждается в совершенствовании нормативное обеспечение проектирования и строительства зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. Действующий нормативный документ [1] не переиздавался уже 14 лет. При переиздании этого документа необходимо изменить его структуру, включив в него прежде всего методику расчета деформаций земной поверхности, а также нормативные требования по диагностике технического состояния эксплуатируемых на подрабатываемых территориях зданий и сооружений.