

**УДК 622.83: 622.837.838**

**ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ПОДРАБОТКИ ГОРОДОВ  
И ПОСЕЛКОВ ПРИ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ  
ДЕФОРМАЦИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

**Шнеер В.Р., Иванова Л.А., Басин М.П., Трифонов А.В.**  
(УкрНИМИ, г. Донецк, Украина)

*Пропонується методика оцінки збитку від підробки будівель, споруд, комунікацій міст та селищ, що містить прогноз деформацій земної поверхні, розподіл на зони ділянок забудови в межах ізолій осідань 0,5 м, обстеження будівель та споруд в місцях прояву зосереджених деформацій з виділенням характерних пошкоджень конструкцій, призначення й оцінку заходів захисту і ремонтів підроблених будівель, трубопроводних комунікацій і доріг.*

*Proposed are methods to assess damage due to undermining of town and township buildings, structures and service lines that include: prediction of ground surface deformations; separation of building plots into zones within 0.5 m subsidence isolines; structural survey in places of point deformations and identification of typical structural damages; prescription and assessment of protective measures and repairs of undermined buildings, pipelines and roads.*

В настоящее время в связи с тем, что горные предприятия, ведущие отработку запасов под застроенными территориями, более 15 лет не уделяют должного внимания проблеме защиты подрабатываемых зданий, сооружений и коммуникаций возникла ситуация, когда нарушены условия безопасной эксплуатации многих объектов застройки городов, а часть зданий, сооружений и коммуникаций имеют аварийное и предаварийное техническое состояние.

Актуальность работы обусловлена необходимостью детальной оценки последствий негативного влияния долговременной подработки городов, для чего необходима разработка современной методики оценки ущерба от подработки объектов социальной инфраструктуры города, которая учитывает фактическое состояние застройки, долю влияния горных работ и необходимые меры по обеспечению безопасной эксплуатации зданий, сооружений и коммуникаций.

В настоящее время имеется методика оценки затрат на меры защиты отдельных зданий и сооружений, включающая прогноз деформаций от предстоящей подработки, определение допустимых условий подработки [1], назначение мер защиты [2, 3, 4] и оценку затрат на основе составления смет по результатам обследования каждого объекта застройки. Использование такой методики для оценки ущерба от длительной подработки всей застройки города очень трудоемко и фактически невыполнимо.

Имеется методика обобщенной оценки ущерба от подработки застройки города [3], которая использует вероятные деформации земной поверхности и обобщенные показатели ущерба для эталонного здания в ценах 1984 г. В настоящее время, с учетом индексации цен, могут быть использованы только отдельные положения этой методики и, в основном, при перспективном планировании горных работ для обобщенной оценки ущерба в условиях пологого падения пластов.

Для детальной оценки ущерба от долговременной подработки застройки города при воздействии сосредоточенных деформаций земной поверхности в Центральном районе Донбасса методик не существует.

Основные задачи, которые необходимо было решить при составлении методики, следующие:

- разработка методики прогноза деформаций земной поверхности за весь период подработки застройки города, выделение на территории города зон, где возможно проявление сосредоточенных деформаций;
- классификация объектов поверхности и оценка их технического состояния по данным эксплуатирующих

организаций и визуального обследования с выделением объектов, расположенных в зонах сосредоточенных деформаций;

– оценка влияния длительной подработки на объекты поверхности с выделением повреждений, характерных для зон сосредоточенных деформаций, и установлением доли влияния горных работ на объекты застройки;

– оценка ущерба от длительной подработки зданий, сооружений и коммуникаций города.

При решении первой задачи для прогноза деформаций земной поверхности от влияния горных работ за весь прошлый период подработки застройки города была выбрана методика расчета деформаций согласно [1]. Так как положение горных выработок уже известно, производится расчет ожидаемых суммарных деформаций земной поверхности за весь период подработки города. Время начала подработки города устанавливается по планам горных работ с учетом времени строительства зданий и сооружений города. Для выполнения расчетов выбрана условная система координат с расположением координатных осей по направлению простирания и вкрест простирания пластов. Расчет производится в узловых точках сетки со стороной квадрата 200-500 м. Так как расчет выполняется на большой площади, некоторые смежные выработки могут быть объединены в одну выработку суммарных размеров. По результатам расчета оседаний земной поверхности строят изолинии оседаний, по которым на планах поверхности устанавливают границы влияния горных работ на застройку города.

Особенностью сдвижения земной поверхности при отработке свит крутопадающих пластов в Центральном районе Донбасса является образование на поверхности сосредоточенных деформаций в виде уступов. По данным натурных наблюдений формирование уступов начинается при оседаниях земной поверхности, превышающих 0,5 м. Как правило, повреждения получают здания, сооружения и коммуникации, расположенные на трассах уступов. Поэтому, к рассмотрению принимается застройка, расположенная в пределах изолиний оседаний 0,5 м и более.

Учитывая, что процесс сдвижения земной поверхности при отработке свит крутопадающих пластов длительный во времени и практически равномерный по интенсивности, степень влияния горных работ на здания с учетом времени их строительства определяется с применением понижающих коэффициентов пропорциональных времени с момента начала их эксплуатации.

Застроенные территории, подработанные горными работами шахт, по характеру и величинам деформаций земной поверхности разделяют на зоны, в которых возможно образование сосредоточенных деформаций земной поверхности: группы территории I к, II к, III к, IV к в соответствии с [2]; участки выходов на поверхность тектонических нарушений; участки выходов на поверхность рабочих и отработанных пластов; участки выходов на поверхность старых горных выработок.

Разбивка застроенной территории города на группы I к – IV к производится в пределах изолинии оседаний 0,5 м и более в зависимости от высоты уступа, определенной по результатам расчета деформаций земной поверхности и с учетом фактических данных инструментальных наблюдений за деформациями земной поверхности и визуальных наблюдений за зданиями и сооружениями, по которым также устанавливается трассировка уступов на поверхности и среднее расстояние между уступами.

В соответствии с [2] и с учетом фактических данных устанавливается ширина участков по обе стороны от выхода сместителя тектонического нарушения на поверхность и на плане поверхности отбиваются зоны, где возможно образование сосредоточенных деформаций земной поверхности на выходах тектонических нарушений.

На план поверхности в пределах застройки наносятся выхода на поверхность угольных пластов, отмечаются устья ликвидированных горных выработок, имевших выход на дневную поверхность, где согласно [5] в радиусе 20 м возможно образование провалов на земной поверхности.

Для решения второй задачи производится сбор исходных данных о застройке города и данных эксплуатирующих организаций о техническом состоянии зданий, сооружений и коммуникаций.

Классификация объектов поверхности согласно [4] производится по четырем принципам:

- по назначению;
- по чувствительности к деформациям основания;
- по наличию мер защиты от влияния сосредоточенных деформаций земной поверхности;
- по техническому состоянию.

По назначению объекты поверхности делятся на здания, сооружения, трубопроводы. По чувствительности к деформациям основания здания и сооружения делятся по видам в зависимости от этажности, конструктивной схемы и материала конструкций [4]. Трубопроводы делятся, в зависимости от способа укладки, режима работы, вида стыковых соединений и материала конструкций [4].

По наличию мер защиты объекты поверхности делятся на три вида:

- не имеющие мер защиты;
- имеющие меры защиты, которые не обеспечивают эксплуатационную пригодность объекта при воздействии сосредоточенных деформаций земной поверхности;
- имеющие меры защиты, которые обеспечивают эксплуатационную пригодность объекта при воздействии сосредоточенных деформаций земной поверхности.

При классификации застройки по наличию мер защиты необходимо учитывать, что первый нормативный документ ВТУ-01-58 [6], регламентирующий строительство зданий с мерами защиты от подработки, был издан в 1958 г. Фактически строительство зданий с мерами защиты от подработки началось с 1960 г., однако конструктивные меры защиты не учитывали влияние сосредоточенных деформаций земной поверхности.

В 1972 г. вышел СНиП II-A.14-71 [7], регламентирующий строительство зданий в районах образования уступов. Однако, ширина деформационного шва в многоэтажных зданиях, построенных до 1979 г., как правило, была недостаточной, так как определялась без учета расчетной высоты уступа [7].

Следует учитывать также следующее:

– строительство зданий и сооружений в местах выходов пластов и тектонических нарушений допускалось с 1965 – 1972 гг. при особой необходимости с применением выравнивания конструкций [8], с 1973 г. с применением особых мер защиты только по заключению институтов, специализирующихся в этой области [7];

– строительство зданий и сооружений на участках с возможным образованием провалов не допускается с 1965 г. [2, 8].

По техническому состоянию, согласно [4, 8], объекты поверхности разделяются на четыре группы: удовлетворительное, неудовлетворительное, предаварийное и аварийное. Оценка технического состояния зданий и сооружений производится по результатам обследования зданий с учетом данных, полученных в эксплуатирующих организациях города. При этом производится детальное обследование всех зданий, расположенных на трассах уступов, в зонах влияния тектонических нарушений, на выходах угольных пластов и на участках с возможным образованием провалов. На участках, где не имеется фактических данных о трассировках уступов на поверхности, производится общий осмотр зданий. Данные о техническом состоянии трубопроводов уточняют в эксплуатирующих организациях города, а линии укладки трубопроводов наносят на план поверхности.

При решении третьей задачи производится анализ влияния длительной подработки на объекты поверхности с выделением повреждений, характерных для зон сосредоточенных деформаций.

Анализируются результаты визуального обследования зданий и сооружений, расположенных на трассах уступов, на участках влияния тектонических нарушений, выходов пластов, опасных по образованию провалов и по характерным повреждениям конструкций устанавливаются зоны сосредоточенных деформаций в их основании [4]. Анализируются другие возможные причины деформирования конструкций (физический износ, нарушение условий строительства и эксплуатации, др.) и устанавливается доля влияния горных работ.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации обследованных зданий и сооружений в зависимости от их технического состояния назначаются меры защиты и ремонтно-восстановительные работы.

На участках застройки города, по которым нет фактических данных о трассировке уступов на поверхности, а величины уступов по прогнозу не превышают 5-8 см (IV к – III к группы территорий), при общем визуальном осмотре зданий повреждения, характерные для зон сосредоточенных деформаций, могут быть не установлены, так как такие повреждения фиксируются при визуальном обследовании, если величины уступов превышают 5 см.

Для оценки влияния горных работ на таких участках застройки учитывается вероятное число зданий, попадающих на уступы. Вероятность попадания зданий на уступы определяется с учетом ориентации зданий на плане поверхности относительно трасс уступов и среднего расстояния между ними в рассматриваемом районе по формуле:

$$P = \frac{l \sin \alpha + b \cos \alpha}{l_y}, \quad (1)$$

где  $l, b$  – размеры здания в плане (длина, ширина), м;

$l_y$  – среднее расстояние между уступами, м;

$\alpha$  – угол между направлением простирания угольных пластов и продольной осью здания.

Для установленного вероятного количества зданий в зависимости от групп подработки (величин уступов) назначаются ремонтно-восстановительные работы и меры защиты, обеспечивающие безопасные условия эксплуатации.

Для оценки влияния горных работ при долговременной подработке подземных трубопроводов города в условиях воздействия сосредоточенных деформаций земной поверхности разработана методика, учитывающая замену участков трубопроводов на трассах уступов за все время эксплуатации трубопроводов.

Обобщение и анализ имеющихся данных о влиянии сосредоточенных деформаций земной поверхности на подземные

трубопроводы показали, что при величине уступа до 5 см проявление влияния горных выработок в виде порывов стальных и разгерметизации секционных трубопроводов не происходит. Прирост величины уступа на 5 см при отработке вышележащих горизонтов в среднем происходил за 10 лет, а в настоящее время отработка нижележащих горизонтов производится за 15-20 лет.

Исходя из этого, планируя замену участков трубопроводов по трассам уступов при их приросте на 5 см и количество таких замен за время подработки, можно оценить влияние горных работ на трубопроводы.

Количество участков трубопроводов по трассам уступов определяется с учетом ориентации трубопроводов относительно трасс уступов на плане поверхности и расстояния между трассами уступов, которые принимают по фактическим данным или согласно [1] для рассматриваемого района. Количество замен участков определяется в зависимости от года постройки трубопровода и группы территорий подработки, в которой он расположен. На основании результатов экспериментальных наблюдений длина заменяемого участка принимается равной 10 м.

Для трубопроводов (газопроводов) в надземном исполнении, как правило, дополнительные меры защиты при длительных подработках не требуются, так как допустимые горизонтальные деформации земной поверхности равны  $8 \times 10^{-3}$  [1], что в среднем, соответствует высоте уступа 20-25 см. Однако, по данным эксплуатирующих организаций, при значительных деформациях отмечаются подвижки трубопроводов на опорах, что говорит о необходимости установки дополнительных опор на трассах уступов.

Обобщение и анализ имеющихся данных о влиянии сосредоточенных деформаций земной поверхности на автомобильные дороги показал, что на асфальтовом покрытии дорог по трассам уступов происходит деформирование асфальтового покрытия в виде ступени или волны с образованием трещин при величинах уступов, превышающих 10 см.

Существующими нормативными документами допустимые условия подработки автомобильных дорог не регламентируются.



Оценку влияния долговременной подработки на автомобильные дороги предлагается осуществлять аналогично трубопроводам, планируя ремонт участков дорог длиной 10 м по трассам уступов при приросте уступа на 10 см.

При решении четвертой задачи ущерб от долговременной подработки объектов социальной инфраструктуры города предлагается оценивать по сумме затрат, обеспечивающих безопасную эксплуатацию зданий, сооружений и коммуникаций, расположенных в зонах влияния сосредоточенных деформаций земной поверхности по формуле:

$$Y = C_z + \sum C_k + C_d, \quad (2)$$

где  $C_z$  – затраты, связанные с обеспечением безопасной эксплуатации зданий и сооружений, расположенных в зонах влияния сосредоточенных деформаций земной поверхности, определяются по формуле:

$$C_z = C_o K_r + C_n + C_p + C_a, \quad (3)$$

где  $C_o$  – основные затраты на ремонтно-восстановительные работы зданий;

$K_r$  – коэффициент учета доли влияния горных работ;

$C_n$  – дополнительные затраты на меры защиты зданий с неудовлетворительным техническим состоянием;

$C_p$  – дополнительные затраты на меры защиты зданий с предаварийным техническим состоянием;

$C_a$  – дополнительные затраты на меры защиты зданий в аварийном техническом состоянии;

$\sum C_k$  – суммарные затраты, связанные с обеспечением безопасной эксплуатации коммуникаций города, включая: водоводы, канализационные коллекторы, газопроводы, теплосети;

$C_k$  – затраты, связанные с обеспечением безопасной эксплуатации каждого вида подземных трубопроводов, определяемые по формуле:

$$C_k = C_{ук} Nn, \quad (4)$$

где  $C_{ук}$  – стоимость замены участка трубопроводов длиной 10 м (определяется по данным эксплуатирующих организаций города);

$N$  – количество участков трубопровода на трассах уступов (определяется с учетом ориентации трубопровода, его протяженности и среднего расстояния между уступами);

$n$  – количество замен участков трубопровода на трассах уступов за все время его эксплуатации, определяемое по формуле:

$$n = \frac{T_э}{T}, \quad (5)$$

где  $T_э$  – время с начала подработки трубопровода;

$T$  – среднее время прироста уступа на 5 см на участке подработки трубопровода;

$C_д$  – затраты, связанные с обеспечением безопасной эксплуатации автомобильных дорог, определяемые по формуле:

$$C_д = C_{ук} N n_1, \quad (6)$$

где  $C_{уд}$  – стоимость ремонта участка дороги длиной 10 м (определяется по данным эксплуатирующих организаций города);

$N$  – количество участков дорог на трассах уступов (определяется с учетом ориентации дорог, их протяженности и среднего расстояния между уступами);

$n_1$  – количество ремонтов участков дорог на трассах уступов за все время их эксплуатации, определяемое по формуле:

$$n_1 = \frac{h_y}{h_o}, \quad (7)$$

где  $h_y$  – высота уступа в зоне деформаций, см;

$h_o$  – высота уступа, при которой необходимо планировать ремонт, равная 10 см.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика оценки ущерба от подработки зданий, сооружений и коммуникаций городов и поселков при

воздействии сосредоточенных деформаций земной поверхности, которая включает:

- прогноз деформаций земной поверхности с выделением участков застройки с оседаниями 0,5 м и более, трассировкой уступов и определением зон сосредоточенных деформаций;
- классификацию объектов застройки с оценкой их технического состояния и выделением объектов, расположенных в зонах сосредоточенных деформаций;
- оценку влияния долговременной подработки на здания, сооружения и коммуникации;
- оценку ущерба от подработки, включающего: для зданий – затраты на ремонтно-восстановительные работы и меры защиты; для трубопроводов и дорог – затраты на замену или ремонт участков длиной 10 м по трассам уступов с учетом количества замен или ремонтов.

2. Разработанная методика использована для оценки влияния горных работ шахт им. Ф.Э. Дзержинского, «Новая», «Северная» ГП «Дзержинскуголь» на состояния объектов социальной инфраструктуры г. Дзержинска за весь период их подработки.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. ГСТУ 101.00159226.001-2003 Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – На заміну “Правил охорони...” (М.: Недра, 1981. –288с); Введ. 01.01.04. – К., 2004. – 128 с.
2. ДБН В 1.1-5-2000. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. – Взамен СНиП 2.01.09 – 91; Введен. 01.02.2000. – К.: Государственный комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины, 2000.- 65 с.
3. Рекомендации по выбору комплекса строительных и горных мер защиты подрабатываемых населенных пунктов и промышленных предприятий. – Донецк: Донецкий Промстройниипроект, – 1986. – 224 с.

4. Ликвидация угольных шахт. Защита земной поверхности от затопления горных выработок. Рекомендации: КД 12.12.004-98: Утв. Министерством угольной промышленности Украины 20.12.98. – Донецк, 1998. – 46 с.
5. Методические указания по прогнозу сдвижений и деформаций земной поверхности и определению нагрузок на здания при многократных подработках. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 94 с.
6. ВТУ-01-58. Временные технические условия проектирования и строительства зданий и сооружений на угленосных площадях Донецкого угольного бассейна. – Введ. 15.04.58. – К.: Бюро технической помощи НИИСК АСиА УССР, 1958. – 68 с.
7. СНиП II-A.14-71. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях. – Взамен СН 289-64; Введ. 01.07.72. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972 – 14 с.
8. СН 289-64. Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. – Взамен ВТУ-01-58; Введ. 01.06.65. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. – 83 с.