







https://doi.org/10.51885/3134-8041_IACS_2026_2_3

MPHTI 67.11.29

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ХАРАКТЕРНЫМИ СЛУЧАЯМИ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И АНАЛИЗ ДОПУЩЕННЫХ ОШИБОК В РЕГИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЮГА КАЗАХСТАНА

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ АЙМАҚТЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫНДАҒЫ ҒИМАРАТ НЕГІЗДЕРІ ДЕФОРМАЦИЯЛАРЫНЫҢ ТИПТІК ЖАҒДАЙЛАРЫН БАҚЫЛАУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ЖІБЕРІЛГЕН ҚАТЕЛІКТЕРДІ ТАЛДАУ

THE RESULTS OF OBSERVATIONS OF TYPICAL CASES OF DEFORMATIONS OF THE FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND THE ANALYSIS OF THE MISTAKES MADE IN THE REGIONAL CONDITIONS OF THE SOUTH OF KAZAKHSTAN

И.С. Бровко ¹, Ф.Х. Аубакирова ^{1*}, Б.К. Дуйсенбеков ¹, К.С. Досалиев ¹

¹Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

*Автор-корреспондент: Аубакирова Фарида Хабиевна, e-mail: faraub1011@mail.ru

Ключевые слова:

основание здания, анализ аварийной ситуации, причина возникновения деформации, практически рекомендации.

АННОТАЦИЯ

Цель статьи заключается в определении факторов, влияющих на возникновение деформаций оснований зданий, анализе распространенных ошибок, разработке рекомендаций для улучшения качества строительных работ и повышения устойчивости зданий в условиях Южного Казахстана. При разработке темы применены полевой метод исследования, а также методы экспертной оценки и сравнительного анализа. Наблюдения проводились за устройством оснований и возведением фундаментов строительных объектов в современной строительной практике г. Шымкент. Результаты данного исследования помогут выявить причины возникновения деформаций на ранних стадиях и служат практически рекомендациями по их предотвращению, что способствует улучшению эксплуатации зданий и уменьшению затрат на их ремонт и восстановление. Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности применения выводов и рекомендаций для улучшения качества строительства и проектирования в южном регионе Казахстана.

Түйінді сөздер:

ғимараттың негізі, төтенше жағдайды талдау, деформацияның себебі, практикалық ұсыныстар.

ТҮЙІНДЕМЕ

Мақаланың мақсаты – ғимараттар негіздерінің деформацияларының пайда болуына әсер ететін факторларды анықтау, жалпы қателіктерді талдау, құрылыс жұмыстарының сапасын жақсарту және Оңтүстік Қазақстан жағдайында ғимараттардың орнықтылығын арттыру бойынша ұсыныстар әзірлеу. Тақырыпты әзірлеу кезінде далалық зерттеу әдісі, сондай-ақ сараптамалық бағалау және салыстырмалы



талдау әдістері қолданылды. Бақылаулар Шымкент қаласының қазіргі заманғы құрылыс практикасындағы құрылыс объектілерінің негіздері мен іргетастарының құрылысына жүргізілді. Бұл зерттеудің нәтижелері деформациялардың себептерін ерте кезеңдерде анықтауға көмектеседі және олардың алдын алу бойынша практикалық ұсыныстар болып табылады. Бұл ғимараттардың пайдалануын жақсартуға және оларды жөндеу мен қалпына келтіру шығындарын азайтуға көмектеседі. Қазақстанның оңтүстік өңірінде құрылыс пен жобалау сапасын жақсарту үшін қорытындылар мен ұсынымдарды қолдану мүмкіндігі алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы болып саналады.

Keywords:

the foundation of the building, emergency situation analysis, cause of deformation, practical recommendations.

ABSTRACT

The purpose of the article is to identify the factors influencing the occurrence of foundation deformations in buildings, analyze common construction errors, and develop recommendations for improving the quality of construction works and increasing building stability under the conditions of Southern Kazakhstan. The study employed field research methods, as well as expert evaluation and comparative analysis methods. Observations were conducted during the construction of foundations and substructures of building projects in the modern construction practice of Shymkent. The results of this study will help identify the causes of deformations at early stages and provide practical recommendations for their prevention, thereby contributing to improved building performance and reduced costs for repair and restoration. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of applying the conclusions and recommendations to improve the quality of construction and design in the southern region of Kazakhstan.

ВВЕДЕНИЕ

Деформации и аварии зданий всегда имели место в строительной практике, начиная с периода, когда человек начал возводить самые простые постройки, и по настоящее время, характеризующееся строительством очень сложных объектов (Tao et al., 2022; Zhijian et al., 2024; Ahmed, 2021; Awadh, Mosleh & Muawia, 2024). Учитывая, что строительное производство является многоступенчатым, аварии могут возникать по весьма разнообразным причинам на разных стадиях строительного производства, в том числе и на этапе инженерно-геологических изысканий (Бровко, 2023; Селезнев, 2023). Масштабность аварий также широка, и их можно классифицировать, начиная от незначительных до глобальных повреждений зданий и сооружений (Айткожин, 2022; Мангушев, Осокин & Усманов, 2024).

Общеизвестны деформации оснований таких объектов, как Трансконский элеватор в Канаде или Пизанская «падающая» башня в Италии, которые часто приводятся в качестве примеров в различных литературных источниках. Однако в современных реалиях доступ к информации о причинах аварийных ситуаций строительных объектов ограничен в силу корпоративной секретности или по другим причинам. Как правило, аварийные случаи замалчиваются, скрываются и не вводятся в статистические сводки. С целью повышения безаварийности строительства в дальнейшем необходим принципиально другой подход – их надо освещать в научной печати, обсуждать, выявлять истинные причины, а также учиться на них. Ввиду этого излагаемый в данной статье материал не полностью охватывает все произошедшие предаварийные/аварийные случаи в строительной индустрии г. Шымкент. Но приводимые данные уже достаточны для обобщения и анализа проявлений неравномерных деформаций оснований под возводимыми и эксплуатируемыми объектами, а выявленные закономерности и особенности способствуют предотвращению



нежелательных ситуаций и по мере накопления дальнейшего опыта могут использоваться в геотехнической практике не только южного Казахстана, но и других регионов страны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Необходимо отметить, что рассматриваемый в статье материал аварий и деформаций оснований зданий и сооружений не является анализом только архивных данных. Большинство примеров взяты из повседневной практики устройства оснований и возведения фундаментов на юге Казахстана. При разработке темы использовались три метода исследования: полевой, экспертной оценки и сравнительного анализа. Полевой метод исследования включал сбор данных о фактических случаях деформаций зданий и осуществлялся посредством визуальных осмотров, измерений отклонений, трещин и других признаков деформаций. Методом сравнительного анализа сопоставлялись объекты, пострадавшие от деформаций, с теми, где такие проблемы не возникли с целью выявления возможных причин и условий, способствующих этим отклонениям. Также использовался метод экспертной оценки, т.к. привлекались специалисты в области строительства и инженерии для оценки причин деформаций и ошибок, а также для разработки рекомендаций по устранению этих проблем. Все использованные методы позволяют комплексно подойти к изучению проблемы, выявить её основные причины и предложить решения для улучшения качества строительства.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одна из первых известных нам работ, в которой делается попытка провести анализ аварий в г. Шымкент и показать официальную региональную статистику, была опубликована в 1987 г. (Югай и др., 1987). В ней указывается, что в городе ежегодно в среднем 6-7 зданий получают деформации и общее их число составляет более 100. Часть из них демонтирована из-за невозможности дальнейшей эксплуатации. Превалирующее количество таких случаев относится к строительству на просадочных грунтах, которые, как известно, являются структурно неустойчивыми: меняющими свою структуру при влиянии дополнительных факторов, в данном случае при их замачивании. В строительной практике возникают ситуации, когда замачивание происходит как сверху – вследствие утечки из коммуникаций, так и снизу – при подъеме грунтовых вод. При этом важнейшую роль играет точность инженерно-геологических изысканий, результаты которых обеспечивают долгосрочную эксплуатационную надежность возводимых объектов и прогноз поведения просадочных оснований при аварийных замачиваниях, особенно в случаях их неоднородного (слоистого) напластования и неравномерного чередования с погребенными непросадочными почвами. Следует отметить, что важнейшими показателями просадочности грунтов являются относительная просадочность, начальное просадочное давление, мощность просадочной толщи, тип грунта по просадочности и др. Хотя случаев деформирования оснований II типа по просадочности, согласно статистике, гораздо больше, ввиду более резкого проявления деформаций (даже от собственного веса грунта) просадочность грунтов I типа не следует игнорировать, т.к. при определенных условиях суммарные деформации (осадка плюс просадка) могут быть весьма существенными и выходить за рамки допустимых деформаций. Важнейшую информацию о физико-механическом состоянии просадочных грунтов дают результаты полевых (более точные и достоверные) и лабораторных испытаний, которые обычно отражаются в табличном виде и посредством графиков, среди которых наиболее востребованы графики компрессионных испытаний « ϵ - p » в сухом и водонасыщенном состоянии. Однако это стало возможным лишь относительно недавно с появлением электронных приборов одноосного и трехосного сжатия, а также цифровых полевых штамповых установок. На более ранних этапах

развития геотехнического оснащения строительной отрасли, к которому относятся объекты, попавшие на рассмотрение в данную статью, таких возможностей не было, или они в ряде случаев были проигнорированы производственными организациями. В данной статье не заостряется вопрос о количестве необходимых повторных испытаний и методах их проведения, что является неременным требованием действующих нормативных документов. Следует отметить, что в перечень рассматриваемых объектов попали уже возведенные, получившие деформации здания и сооружения, ранее прошедшие соответствующую экспертизу и все другие процессуальные допуски.

Наиболее полные данные по аварийным ситуациям зданий в городе и области в свое время были собраны в архивах изыскательских организаций на основании многолетних наблюдений, но в настоящее время многие из них утеряны. Рассмотрим некоторые наиболее характерные сохранившиеся данные.

Крупнопанельный 5-этажный дом серии 3299-УС. Тип грунтовых условий по просадочности площадки строительства – второй. Основание уплотнено тяжелыми трамбовками после предварительного замачивания. Из-за неправильной эксплуатации инженерных сетей и утечки воды происходило длительное замачивание основания торцевой стороны здания, в результате чего проявились просадочные свойства грунта, расположенного ниже уплотненного слоя. В ближнем к торцевой части подвезде раскрылись трещины до 5 см, на лестничных площадках вырваны из бетона закладные детали.

Более значительные разрушения произошли в другом доме этой же серии. В результате одностороннего замачивания основания оказались смещенными плиты перекрытия, стеновые панели, лестничные марши и площадки. Плиты перекрытия оказались смещенными на 5...6 см и практически не имели опирания. Замачивание основания произошло со стороны существующей рядом вставки с магазином.

В зданиях, построенных в старой центральной части города (областная типография, детский сад, лечебный корпус областной больницы, старое здание КНБ и др.), на капитальных стенах и перегородках из-за неравномерных деформаций были выявлены многочисленные вертикальные и горизонтальные трещины. Основная причина их возникновения - поднятие уровня подземных вод и изменение физико-механических свойств грунтов оснований.

Из числа зданий, построенных на свайных фундаментах, можно отметить два крупнопанельных 5-этажных жилых дома в одном из микрорайонов. Площадка, на которой они размещались, сложена просадочными лессовидными грунтами мощностью 24...26 м. В интервале глубин 12...15 м залегает суглинок низкопористый, маловлажный, непросадочный, комковатой структуры (погребенная почва). В качестве фундаментов были приняты буронабивные сваи диаметром 600 мм и длиной 11...13 м с камуфлетным уширением, опирающиеся на прослойку непросадочного грунта. Ошибкой в этом случае было то, что застройщиком эта погребенная почва небольшой толщины, на которую опирались сваи нижними концами, была принята за коренные породы прочного грунта. Геологические исследования ниже этой прослойки не проводились, т.к. изначально планировалось строить здания на фундаментах мелкого заложения и разведанной глубины было достаточно. Но затем в экспериментальном порядке было принято решение: здания поставить на свайных фундаментах при инженерных изысканиях, выполненных для фундаментов мелкого заложения. После возведения первого дома в течение двух лет происходило замачивание основания в основном в результате утечки воды из домовых коммуникаций. За это время величины осадок отдельных свай достигли 55 см. Возведенный дом получил деформации, несовместимые с дальнейшей эксплуатацией. Строительство второго дома было остановлено до начала возведения надземной части. В

последующем конструкции были демонтированы и на их месте возведены дома по турецкому проекту. Сваи были извлечены, и на месте свайного поля был устроен глубокий котлован под два дома для устройства искусственной гравийно-песчаной подушки. Большой научно-практический интерес вызывает состояние извлеченных свай (рис. 1, 2).



Рисунок 1. Оголенные (верхний ряд) и извлеченные (нижний ряд) конструкции буронабивных свай

Примечание – фото автора (Бровко И.С., 2022)



Рисунок 2. Фрагменты свай, демонтированные при устройстве нового котлована

Примечание – фото автора (Бровко И.С., 2022)

Дело в том, что оголение свай или их извлечение для научных целей производится крайне редко в связи с большой трудоемкостью. Именно откопка показывает фактическое состояние свай, а более глубокие их исследования – взаимодействие их с окружающим грунтом. Вскрытие котлованом свай показало их цельность, вертикальность положения и хорошее состояние ствола (не было выщербленностей, каверн, пустот). Это говорит о достаточном уплотнении бетона при заливке в скважины и хорошем его качестве. Следы, оставленные зубьями ковша экскаватора, не разрушили бетон свай, что свидетельствует о высокой его прочности. Арматура свайного ствола, обнаженная при изломе, установлена по месту и имеет хорошее качество, несмотря на достаточно долгий период ее существования. По фотографиям (рис. 2) можно заметить в некоторых случаях геометрические отклонения формы свайного уширения. Это объяснимо тем, что уширения получали посредством взрыва в нижней части свай, и их форма образовывалась самопроизвольно. Т.е. грунт в камуфлетной области при взрыве больше уплотнялся в сторону, где он более податлив. В целом можно сказать, что при достаточно высоком качестве изготовления буронабивных свай авария на данном объекте произошла из-за опирания подошвы свай в прослойку, а не в коренные породы.

Известны случаи, когда аварийные ситуации удалось предотвратить своевременными дополнительными испытаниями фундаментов и корректировкой проекта. Так, при расширении хлопчатобумажного комбината для трех производственных корпусов были запроектированы фундаменты из буронабивных свай длиной 8,7 м с уширенной пятой (Югай и др., 1989). Основанием для выбора свайных фундаментов явились данные инженерно-геологических изысканий, проведенных на стадии проектирования. Правильность выбора типа фундамента должны были подтвердить статические натурные испытания пробных свай. Но по некоторым причинам эти испытания были выполнены после завершения работ по устройству буронабивных свай для двух производственных корпусов, а полученные результаты не подтвердили правильность выбора. Несущая способность испытанных свай при замачивании основания оказалась недостаточной по сравнению с расчетной несущей способностью, полученной проектным институтом: для свай с диаметром уширения 1,5 м - 800 кН; для свай с диаметром уширения 1,3 м - 700 кН. Для выявления причин создавшейся ситуации были составлены и проанализированы отчеты инженерно-геологических изысканий, проводившиеся ранее при микросейсмо-районировании города. Согласно отчетам, площадка строительства до 20...22 м представлена лессовидными суглинками, до глубины 10...11 м – маловлажными просадочными, ниже – водонасыщенными непросадочными. Получается, что до глубины 8...9 м в результатах изысканий разных организаций расхождений нет. А в интервале глубин 10...15 м, где именно расположена активная зона сжатия основания свайных фундаментов, результаты существенно расходятся. Это объясняется тем, что с глубин, находящихся ниже уровня подземных вод, образцы грунта из скважин извлекались с помощью грунтоноса. При этом из-за некачественных действий сотрудников проектно-изыскательской организации происходило переуплотнение отбираемых образцов грунта, и поэтому отобранные образцы имели плотность большую, чем грунт природной структуры. Рассчитанная по этим данным несущая способность буронабивных свай оказалась соответственно завышенной, что и показали результаты статических испытаний.

В связи с вышеизложенным возникла необходимость усиления фундаментов двух производственных корпусов, что привело к значительному удорожанию строительства. В отношении третьего корпуса, строительство которого еще не было начато, было принято решение о замене буронабивных свай новыми прогрессивными фундаментами, устраиваемыми с вытеснением грунта. Основанием для принятия такого решения послужили данные натурных испытаний фундаментов в вытрамбованных котлованах в

аналогичных инженерно-геологических условиях (рис. 3, 4). Многолетняя эксплуатация производственных корпусов данного комбината подтвердила правильность принятых решений. Следует отметить, что с этого объекта было начато внедрение новых фундаментов с повышенными эксплуатационными качествами при работе в просадочных грунтах.

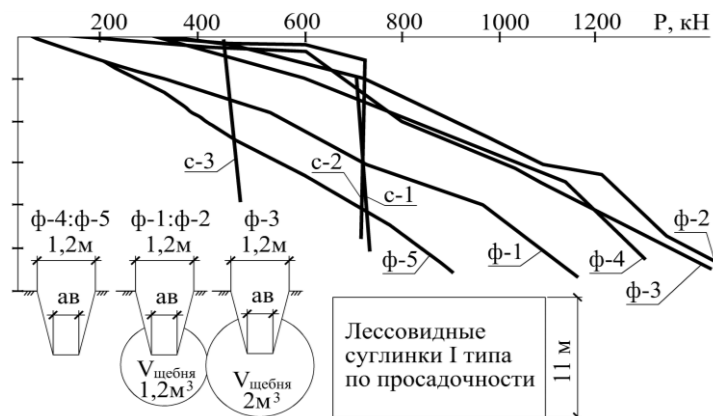


Рисунок 3. Графики сопоставления результатов испытаний свайных фундаментов с фундаментами, устраиваемыми с вытеснением грунта

Примечание – составлено авторами

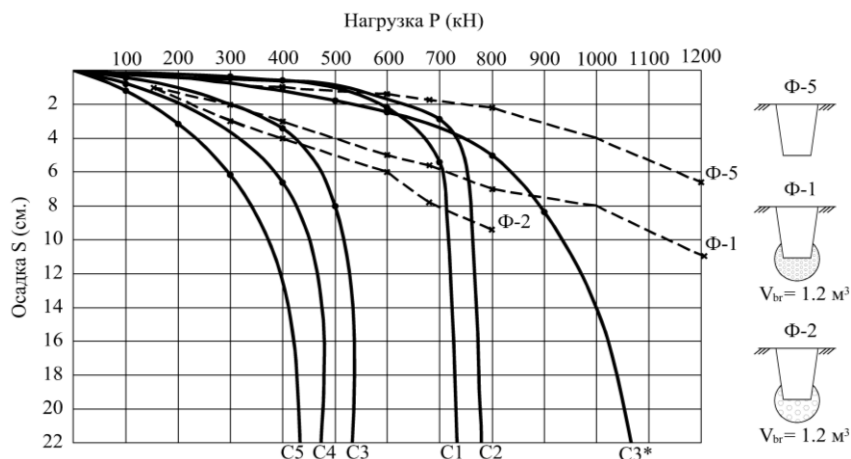


Рисунок 4. Графики $S=f(P)$ натуральных испытаний буронабивных свай С1 - С5 и фундаментов в вытрамбованных котлованах Ф-1 – Ф-5

Примечание – составлено авторами

Представленные графики показывают принципиально разный характер работы вышеуказанных фундаментов. Если для свай характерен резкий срыв при достижении предельной нагрузки, характеризующийся деформациями провального типа, то для фундаментов в вытрамбованных котлованах деформации протекают плавно, даже при большей нагрузке, чем выдерживает свая (Чернюк & Шляхова, 2023).

Настоящее время характеризуется строительством высотных зданий и крупных производственных предприятий, при возведении которых вероятность ошибок возрастает, особенно при строительстве в местах распространения слабых грунтов (Сутиров и др., 2022; Хапин & Махиев, 2023). Это можно показать на следующем примере. В 2004 г. было начато строительство 13-этажного жилого комплекса с подземной автостоянкой общей площадью 34 тыс. кв. м. Высота комплекса, состоящего из 3-х блоков, составляла 48 метров.

Фундамент здания был выполнен из монолитной железобетонной плиты в комбинации с перекрёстными балками. Под фундаментной плитой была изготовлена подушка из гравия с песчаным заполнением, под которой залежали суглинки непросадочные, текучей и мягкопластичной консистенции с модулем деформации, равным 2,5 МПа. После возведения 3-4-х этажей у здания появилась неравномерная осадка. По устным свидетельствам строителей, работавших на этом объекте, были выполнены несколько этапов работ по предотвращению осадки. Среди них упоминалось инъектирование цементно-песчаного раствора в основание здания со стороны, где деформации были особенно большие. Но никаких документальных подтверждений об усилении получить не удалось. Сохранились лишь результаты мониторинга застройщика за развитием деформаций, приведенные в табл. 1 и на рис. 5.

Таблица 1. Данные по осадке 13-этажного жилого комплекса (мм)

Дата	Точки											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19.01.2006	264	190	112	70	102	171	162	175	40	89	79	50
04.05.2006	378	276	150	86	151	252	238	279	65	116	106	61
30.06.2006	402	302	183	109	183	288	278	322	97	142	133	77
22.08.2006	418	333	212	145	211	316	307	338	142	180	169	108

Примечание – предоставлено застройщиком

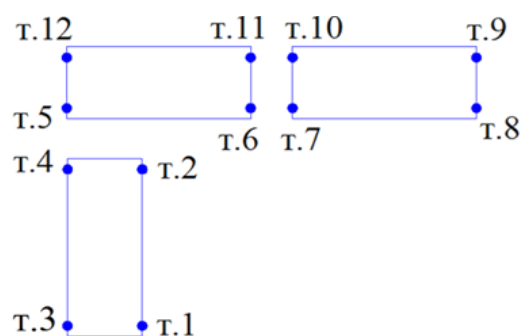


Рисунок 5. Схема расположения марок на плане жилого комплекса

Примечание – предоставлено застройщиком

По результатам наблюдений с января по август 2006 г. можно отметить, что в наименьшей степени деформированы основания двух секций, расположенных вдоль улицы (марки № 9, 12). Также прослеживается закономерность наибольшего перемещения со стороны двора здания: марки № 1, 2, 6, 7, 8 имели максимальные перемещения, которые соответственно составили в конечном итоге 418, 333, 316, 307, 338 мм. Как уже было сказано, на данном объекте прослеживается закономерность большего развития осадок фундаментов со стороны двора, что наталкивает на мысль о возможном неравномерном выходе фундаментной плиты из уровня. Возможно, плита больше выступает на фасадную сторону, где расположены одноэтажные пристройки под кафе, магазины и т.д. Однако это проверить не представилось возможным. Осадка продолжалась около года и с окончанием строительства стабилизировалась.

Деформациям подвержены не только здания, но и разного рода сооружения. Известен пример, когда причиной деформаций опор магистрального газопровода через реку Сырдарья стали климатические изменения погоды, в частности экстремальное понижение температуры воздуха. Необходимость проведения реконструкции опор

данного сооружения связана с разрушением одной опоры металлической эстакады и креном еще шести опор, вызванных движением льда в 2008 г. Главной задачей в этом случае явилась необходимость устройства временной дамбы для возможности проведения с нее реконструкционных работ. Эта задача была решена под руководством авторов статьи. В результате временная дамба была возведена, и с нее успешно выполнены работы по замене опор трубопровода в створе реки Сырдарьи.

В качестве другого примера можно привести деформации грунтовых насыпей под дорожными полотнами. На рис. 6 показаны деформации двух автомобильных дорог, являющихся подъездными путями к производственным предприятиям, что естественно предопределяет движение по ним большегрузных автомобилей. В обоих случаях (рис. 6) дорогами перекрываются пониженные места природного рельефа. Можно отметить две совпадающие характерные детали, которые предшествуют разрушению насыпи: это образование характерных трещин, имеющих направление вдоль дороги, и понижение участка насыпи в связи с его начальным перемещением вниз.



Рисунок 6. Деформации грунтовых насыпей под автодороги

Примечание – фото автора (Бровко И.С., 2023)

Деформации дорожных насыпей представляются не такими критичными, как деформации оснований зданий, по причине очевидности их возникновения, хорошей доступности в случае ремонта и, как правило, плавного их развития. Максимальные неудобства связаны с закрытием дороги на время ремонта. Случаи, когда дорожная насыпь обрушилась под движущимся транспортом, не выявлены. Анализ причин деформаций грунта в основании дорог, приведенных на рис. 6, показал их различие. В первом случае видно, что от края откоса до асфальтной части дороги достаточно большое расстояние, и здесь причина деформации объясняется недостаточностью уплотнения грунта при его отсыпке. Во втором случае откос начинается непосредственно у края дороги, что свидетельствует об экономии на объемах земляных работ и о возможном неправильном назначении угла откоса. Хотя и правильность уплотнения основания тоже остается под вопросом. В обоих случаях экспериментальные исследования не проводились, и восстановление дорог выполнено на глаз с учетом рекомендаций дополнительного уплотнения грунта по типу террас – снизу вверх.

Значительной проблемой настоящего времени при производстве земляных работ, а именно при устройстве котлованов с вертикальными откосами, является вопрос обеспечения устойчивости земляных массивов. Современная обстановка такова, что котлованы во многих случаях отрываются среди существующей застройки (Guo et al., 2025). Иногда котлован буквально начинается у края существующего здания, пример приведен на рис.

7А. На этом объекте фотография сделана после устройства грунтовой подушки толщиной 6 м. На начальном этапе, когда котлован был открыт на полную глубину, картина была еще более устрашающей. Такая ситуация, когда вообще не предусматривается конструктивная защита вертикальных откосов котлованов, объясняется прежде всего вопросами экономического характера, когда заказчики не хотят идти на лишние, по их мнению, расходы.



Рисунок 7. А – пример устройства котлована вблизи существующего здания с вертикальным устройством откосов; Б – котлован с выполаженными откосами под 16-этажное здание; В, Г – котлован с вскрытым слоем супеси
Примечание – фото автора (Бровко И.С., 2024)

По опыту прошлых лет действительно без креплений стен котлованов можно было обойтись при строительстве невысоких зданий и расположенных на значительном удалении от соседних объектов. Местный грунт, преимущественно из лессовых просадочных суглинков, в сухом состоянии позволял это делать. Но с учетом того, что котлованы под высокие здания стали отрывать значительно глубже, и учитывая, что теснота застройки сильно повысилась, крепление вертикальных откосов приобрело первостепенное значение. Опытные производственники, несмотря на затраты, стараются соблюдать условия безопасности для рабочих и техники, выполняющих котлованные работы.

Одним из несложных методов обеспечения безопасных условий труда является выполаживание откосов, показанное на рис. 7Б. В данном случае нашлось немного места вокруг котлована для складирования срезанного с откосов грунта, сохраненного для обратной засыпки пазух котлована.

Еще одной опасностью при выполнении земляных работ является наличие слабых прослоек по глубине разреза. На рис. 7В, Г приведены примеры устройств котлована, где в средней по глубине части разреза можно видеть прослойку супеси. Сверху и снизу от прослойки расположены слои суглинка. Очевидно, что супесь в данном случае является слабым звеном в этой структуре и имеет свойство осыпаться при вертикальном положении откоса. Это видно на рисунках, где можно выделить начавшиеся области выпадения грунта из прослойки супеси. Следует иметь в виду, что в данном случае на супесь оказывает давление собственный вес вышерасположенного 7-метрового по толщине слоя суглинка. Приведенная ситуация с устойчивостью вертикального откоса сильно усугубится, если грунт будет увлажняться, например, атмосферными осадками. Или, еще хуже, произойдут сейсмические воздействия, даже малой силы. Несмотря на эти обстоятельства, заказчики и, что самое странное, проектировщики идут на такие варианты, надеясь на успешное проведение работ в котловане в летнее сухое время.

К настоящему времени в городе уже произошло несколько обрушений откосов котлованов разной масштабности, которые следует рассматривать отдельно. Этот вопрос очень актуален на современном этапе строительства в данном регионе, т.к. от его решения зависят жизни людей. Но, к сожалению, должное внимание ему уделяется крайне редко, лишь в отдельных случаях при возведении особо сложных объектов (высотных зданий, автомобильных дорожных развязок).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные случаи аварий и деформаций оснований, собранные из доступных источников и дополненные собственными данными, позволяют сделать некоторые выводы о причинах неблагоприятных ситуаций на объектах строительства. Эти причины разнообразны и обусловлены ошибками, допущенными на разных стадиях изыскательских, проектных, строительно-монтажных работ (Бровко, 2023). Назовем наиболее часто встречающиеся ошибки при изысканиях:

- недостаточное количество и глубина технических проходок, приводящие к слабой изученности инженерно-геологического строения площадок строительства (мощности и распространения отдельных слоев грунта, расположение уровня подземных вод и т.д.);

- нарушение естественного состояния грунта при отборе монолитов из скважин, вследствие чего изменяется их плотность по сравнению с природной, и эти данные вводят в заблуждение проектировщиков;

- неправильное лабораторное определение характеристик просадочности грунта основания, следствием чего является несоответствие расчетной величины ожидаемой просадки, наблюдаемой на практике.

Наиболее часто встречающиеся ошибки при проектировании:

- не учитывается возможность замачивания основания, сложенного просадочными грунтами, вследствие чего прочностные и деформационные характеристики не соответствуют реальным;

- недостаточно учитывается воздействие сил нагружающего трения на сваи и закрепленные массивы;

- не соблюдаются требования нормативных документов о недопущении суммарных деформаций оснований (осадка плюс просадка) больше предельно допустимых значений;

- к сравнению по технико-экономическим показателям принимаются варианты подготовки оснований и устройства фундаментов неравноценные по надежности;

- не учитываются современные тенденции возведения зданий на близких расстояниях, что требует мероприятий по креплению вертикальных откосов котлованов.

К характерным ошибкам при производстве строительного-монтажных работ относятся:

- несоблюдение требования к качеству выполнения работ по подготовке искусственных оснований;

- невыполнение или игнорирование условий соблюдения надлежащего качества работ при устройстве и эксплуатации водонесущих коммуникаций в просадочных грунтах и др.

Анализ причин деформаций зданий и сооружений показывает, что подавляющее большинство случаев все-таки связано со строительством на просадочных грунтах при условии их замачивания. Применяемые традиционные методы подготовки оснований хорошо адаптированы к местным грунтовым условиям, но не могут в экстремальных случаях предохранить здания и сооружения от деформаций в случае аварийного замачивания. Для предотвращения деформаций и разрушений зданий, в том числе и повышенной ответственности, необходимо расширение арсенала геотехнических средств и методов. Требуется применение еще более надежных методов подготовки оснований и прогрессивных фундаментных конструкций, обеспечивающих долговечную эксплуатацию возводимых объектов в сложных геологических условиях юга Казахстана.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Данное исследование не имело внешнего финансирования.

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: Авторы научной статьи не использовали инструменты искусственного интеллекта (ИИ) на различных этапах подготовки своей работы, включая помощь в написании текста, редактировании, проверке фактов, а также анализе данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ahmed, M. (2021). A case study of foundation failure of a residential building: From diagnosis to repairation. *Journal of Building Materials and Structures*, 8(1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.4281291>
- Awadh, A., Mosleh, A.-Sh., & Muawia, D. (2024). Evaluating the feasibility of inverted T foundation on expansive soils. *Journal of Building Engineering*, 97, 110788. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110788>
- Tao, Y., Shuailei, L., Xueyan, W., Hao, Z., Yang, L., & Yanwei, L. (2022). Analysis of the deformation law of deep and large foundation pits in soft soil areas. *Frontiers in Earth Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.828354>
- Guo, C., Yang, X., Guo, C., & Li, P. (2025). Analysis of deformation of deep and large foundation pit support structure and impact on neighbouring buildings in complex environments. *Buildings*, 15(9), 1435. <https://doi.org/10.3390/buildings15091435>
- Ge, C., Yang, M., Li, P., & Zhang, M. (2024). Influence of deep foundation pit excavation on surrounding environment: A case study in Nanjing, China. *Acta Geophysica*, 73, 495–516. <https://doi.org/10.1007/s11600-024-01425-0>
- Zhijian, J., Shu, Z., Xiangcheng, Q., & Xinliang, G. (2024). Deformation effects of deep foundation pit excavation on retaining structures and adjacent subway stations. *Buildings*, 14(8), 2521. <https://doi.org/10.3390/buildings14082521>
- Айтқожин, А.Т. (2022). Причины деформаций зданий и сооружений. Проблемы инженерной графики и профессионального образования, 6(39), 51–60. // Aitkozhin, A.T. (2022). Prichiny deformatsiy zdaniy i sooruzheniy [Causes of deformations of buildings and structures]. *Problemy inzhenernoy grafiki i professional'nogo obrazovaniya*, 6(39), 51–60. (In Russ.)
- Бровко, И. С. (2023). Геотехника Южного Казахстана. Опыт практикующего ученого. Шымкент: Оңтүстік Полиграфия. // Brovko, I. S. (2023). *Geotekhnika Yuzhnogo*

- Kazakhstan. Opyt praktikuyushchego uchenogo [Geotechnics of Southern Kazakhstan. Experience of a practicing scientist]. Shymkent: Ontustik Poligrafiya. (In Russ.)
- Мангушев, Р. А., Осокин, А. И., & Усманов, Р. А. (2024). Устройство и реконструкция оснований и фундаментов на слабых и структурно неустойчивых грунтах. СПб.: Лань. // Mangushev, R. A., Osokin, A. I., & Usmanov, R. A. (2024). Ustroystvo i rekonstruktsiya osnovaniy i fundamentov na slabykh i strukturno-neustoychivyykh gruntakh [Construction and reconstruction of bases and foundations on weak and structurally unstable soils]. St. Petersburg: Lan'. (In Russ.)
- Селезнев, А. К. (2023). Причины деформации зданий и методы решения. Инновации и инвестиции, 6, 291–294. // Seleznev, A. K. (2023). Prichiny deformatsii zdaniy i metody resheniya [Causes of building deformation and methods of solution]. Innovatsii i investitsii, 6, 291–294. (In Russ.)
- Сутиров, Ж. У., Байсарова, Г. Г., Жайылхан, Н. А., Нигметов, М. Ж., Ержанов, К. Ш., & Суйменова, М. К. (2022). Причины возникновения аварийных ситуаций при строительстве и проектировании жилых зданий. Механика и технология, 3, 18–26. <https://doi.org/10.55956/RTEZ6342> // Sugirov, Zh. U., Baisarova, G. G., Zhaiylkhan, N. A., Nigmatov, M. Zh., Erzhanov, K. Sh., & Suimenova, M. K. (2022). Prichiny vzniknoveniya avariynykh situatsiy pri stroitel'stve i proektirovanii zhilykh zdaniy [Causes of emergency situations in the construction and design of residential buildings]. Mekhanika i Tekhnologiya, 3, 18–26. <https://doi.org/10.55956/RTEZ6342> (In Russ.)
- Хапиз, А. В., & Махиев, Б. Е. (2023). Причины образования трещин в кирпичных стенах пятиэтажного жилого дома, возведенного в условиях горного рельефа. Вестник ВКТУ им. Д. Серикбаева, 2, 265–273. https://doi.org/10.51885/1561-4212_2023_2_265 // Khapin, A. V., & Makhiev, B. E. (2023). Prichiny obrazovaniya treshchin v kirpichnykh stenakh pyatietazhnogo zhilogo doma, vozvedennogo v usloviyakh gornogo rel'efa [Causes of cracks in the brick walls of a five-story residential building constructed in mountainous terrain]. Vestnik VKTU im. D. Serikbaeva, 2, 265–273. https://doi.org/10.51885/1561-4212_2023_2_265 (In Russ.)
- Чернюк, В.П., & Шляхова, Е.И. (2023). Эффективные конструкции трамбовок для устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 5, 19–23. // Chernyuk, V. P., & Shlyakhova, E. I. (2023). Effektivnyye konstruktssii trambovok dlya ustroystva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh [Effective designs of rammers for constructing foundations in rammed pits]. Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova, 5, 19–23. (In Russ.)
- Югай, О. К., Бровко, И. С., Филипчук, Л. А., & Ким, В. В. (1987). Причины деформаций зданий на просадочных грунтах г. Шымкента. КазЦНТИ. Экспресс-информация, 4, 3. // Yugai, O. K., Brovko, I. S., Filipchuk, L. A., & Kim, V. V. (1987). Prichiny deformatsiy zdaniy na prosadochnyykh gruntakh g. Shymkenta [Causes of building deformations on collapsible soils in Shymkent]. KazTsNTI. Ekspress-informatsiya, 4, 3. (In Russ.)
- Югай, О.К., Бровко, И.С., Дубровский, В.А., & Кунанбаева, Я.Б. (1989). Рациональные конструкции фундаментов в грунтовых условиях г. Шымкента. В Устройство оснований и фундаментов в региональных грунтовых условиях Казахстана: тезисы докладов республиканского совещания (с. 6–8). Алматы: Алтын алка. // Yugai, O.K., Brovko, I.S., Dubrovskiy, V.A., & Kunanbaeva, Ya. B. (1989). Ratsional'nye konstruktssii fundamentov v gruntovykh usloviyakh g. Shymkenta [Rational foundation structures in the soil conditions of Shymkent]. In Ustroystvo osnovaniy i fundamentov v regional'nykh gruntovykh usloviyakh Kazakhstan: tezisy dokladov respublikanskogo soveshchaniya (pp. 6–8). Almaty: Altyn alka. (In Russ.)

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Бровко Игорь Степанович – техника ғылымдарының докторы, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан

Бровко Игорь Степанович – доктор технических наук, профессор, Южно-Казakhstanский исследовательский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

Brovko Igor – doctor of technical sciences, Professor, South Kazakhstan Research University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

e-mail: brovkoi56@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3597-5804>,



Аубакирова Фарида Хабиевна – техникалық ғылымдар кандидаты, қауымдастырылған профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан

Аубакирова Фарида Хабиевна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Южно-Казakhstanский исследовательский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

Aubakirova Farida – candidate of technical sciences, Associate Professor, South Kazakhstan Research University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

e-mail: faraub1011@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4687-1528>,



Дүйсенбеков Болат Қамбарович – PhD доктор, қауымдастырылған профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан

Дуйсенбеков Болат Камбарович – доктор PhD, ассоциированный профессор, Южно-Казakhstanский исследовательский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

Duissenbekov Bolat - doctor of Philosophy (PhD), Associate Professor, South Kazakhstan Research University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan,

e-mail: bolat003@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-5218>,



Досалиев Канат Серикұлы – PhD доктор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент қ., Қазақстан

Досалиев Канат Серикович – доктор PhD, Южно-Казakhstanский исследовательский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

Dossaliev Kanat – doctor of Philosophy (PhD), South Kazakhstan Research University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

e-mail: dosaliev_k@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5423-9231>