

ОСОБЕННОСТИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ПРИДНЕПРОВСКОМ РЕГИОНЕ УКРАИНЫ

Седин В.Л., Головки С.И., Большаков В.И.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»,
г. Днепр, Украина

АННОТАЦИЯ: У статті проаналізовано практику будівництва останніх років, описано особливості геотехнічного будівництва у складних інженерно-геологічних умовах Придніпровського регіону України, а також наведено основні напрямки з удосконалення діючих норм проектування основ і фундаментів

АННОТАЦИЯ: В статье проанализирована практика строительства последних лет, описаны особенности геотехнического строительства в сложных инженерно-геологических условиях Приднепровского региона Украины, а также приведена часть основных направлений по совершенствованию действующих норм проектирования оснований и фундаментов.

ABSTRACT: The article analyzes the practice of building for the recent years, describes the features of geotechnical construction in difficult geological engineering conditions of the Pridneprovsk region of Ukraine, and it represent of the main directions for improving the existing rules of designing bases and foundation.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геотехническое строительство, геотехнический мониторинг, несущая способность фундамента.

ВВЕДЕНИЕ

Можно отметить общую тенденцию роста капитальных вложений в высотное строительство и реконструкцию, как городской застройки, так и

промышленных предприятий, использование под новое строительство площадок со сложными геологическими (природными) условиями. Эта тенденция характерна для экономически развитых стран и закономерно становится основополагающей для строительной отрасли Украины, а ее реализация ставит целый ряд новых инженерных проблем, которые находят отражение в научных исследованиях, совершенствовании современных нормативных документов, внедрении новых расчетных и технологических подходов в строительную практику, и Приднепровский регион в этом случае не является исключением.

В частности, проектирование и строительство фундаментов в современных условиях г. Днепр связано с необходимостью проектировать и выполнять строительные работы на подтопленных (связанные с водопонижением), оползнеопасных, и с большой просадочной толщей участках в плотно застроенной городской инфраструктуре.

ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ

В части проектирования новых объектов в настоящий момент используются действующие строительные нормы и правила, позволяющие выполнить обоснованное проектирование фундаментов, однако существует достаточно много проблем связанных как с надежностью принимаемых технических решений, так и со стоимостью выполнения работ, а также обеспечением последующей нормальной эксплуатации объектов. Проблема учета региональных инженерно-геологических особенностей была актуальна всегда. В СССР существовала система региональных нормативных документов. Сегодня при переходе на единую нормативную систему Еврокодов, ярким достижением является опыт по созданию петербургских норм по фундаментам [14]. Среди отечественных ученых следует отметить вклад в усовершенствование регионального проектирования и создание рекомендаций: в Киевском регионе глобальные исследования работы свай в просадочных и глинистых грунтах, а так же вопросы проектирования на оползнеопасных территориях проведены И. П. Бойком и его учениками [1, 2], Н. В. Корниенком [5]; в Полтавском регионе значительные исследования грунтоцементных элементов и фундаментов в пробитых скважинах – Зоценком Ю.Л. и Винниковым Ю.Л. [4], что позволило создать рекомендации по применению таких оснований [8]; в Одесском В.М. Голубковым и его учениками Ю.Ф. Тугаенком, В.М. Митинским, А.В. Новским были получены значимые результаты по исследованию свай в просадочных грунтах [6, 13], а также изучены известняк-ракушечник одесского региона, что позволило использовать его в качестве основания [7]; в Харьковском регионе следует отметить работы И.Я. Лучковского и А. В. Самородова.

В настоящее время увеличение этажности зданий и нагрузок на основания приводит к увеличению деформаций, в т.ч. неравномерных, которые зачастую возникают от непонимания проектировщиками региональных особенностей грунтов, что привело к необходимости выявления современных проблем геотехнического строительства и задач для геотехников на примере Приднепровского региона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В области свайного фундаментостроения сложным и открытым остается вопрос устройства свайных оснований на обводненных лессовых толщах, где грунты перешли в текучее и пластичное состояние, а в верхней зоне сохранились просадочные свойства. В данном случае выполненные полевые исследования показывают высокую несущую способность свай трения, однако действующими нормами не допускается расположение острия висячих свай в пластичных грунтах с показателем текучести более 0,50 д.ед. В частности, десятилетние наблюдения за жилой застройкой по ул. Рабочей в г. Днепр подтвердили обоснованность решений по устройству фундаментов с висячими сваями и их эксплуатационную надежность при осадках 20...25% от нормируемых предельных значений. Однако фактически реализованные проектные решения входят в противоречие с действующей нормативной базой. Организация геотехнического мониторинга в процессе строительства и эксплуатации при низкой стоимости данного вида работ может дать объективные результаты для корректировки норм и устранения несоответствия. В этом направлении следует двигаться достаточно осторожно, поскольку кроме результатов, показывающих высокую несущую способность свай и ее возрастание во времени за счет эффекта засасывания, образования новой структуры грунтов, уплотненных при погружении свай на отдельных объектах, построенных на склонах, получен отрицательный результат [12] (участки склона балки Рыбальская, Тоннельная, Сухая и др.).

Обеспечение прочности и нормальной эксплуатации зданий и сооружений на просадочных грунтах достигается применением соответствующих принципов и методов строительства, учитывающих возможность их замачивания и возникновения просадочных деформаций. При возможности и неизбежности замачивания просадочных грунтов в основании – прочность и нормальная эксплуатация зданий и сооружений достигается: устранением просадочных свойств грунтов, прорезкой просадочных грунтов, комплексом мероприятий, включающих подготовку основания, водозащитные и конструктивные мероприятия [11].

При устройстве фундаментов на просадочных грунтах приходится значительно снижать расчетную несущую способность основания, так как

при поднятии уровня грунтовых вод, или замачивании просадочных грунтов с поверхности происходит их уплотнение, что влечет за собой снижение расчетной нагрузки допускаемой на сваю.

Длительные наблюдения за зданиями на свайных основаниях, когда острое располагается в слоях с высокой несущей способностью показывают, что для забивных, задавливаемых, и буронабивных свайных оснований осадки при полном нагружении составляют диапазон 15...25 мм, по сути осадки соответствуют предельным осадкам одиночных свай при испытаниях. По нормативным допускам в зависимости от конструктивной схемы здания осадки могут быть в 5...8 раз больше от фактически наблюдаемых.

В многослойных глинистых грунтах, слои которых значительно отличаются по физико-механическим характеристикам, при прохождении твердых слоев буроинъекционная технология (СФА) сталкивается со сложностями связанными с прохождением твердых грунтов, точнее с тем, что слабые слои (особенно водонасыщенные) при этом испытывают значительное тиксотропное разуплотнение. Недоучет разуплотнения глинистых грунтов вокруг свай, приводит к перерасходу бетонной смеси, и незапланированному увеличению их фактической несущей способности. Накопленный опыт устройства и натуральных статических испытаний буроинъекционных свай свидетельствует о том, что их фактическая несущая способность в несколько раз больше чем расчетно-теоретическая – и это не удивительно, поскольку ДБН В.2.1-10:2009 заложены более низкие коэффициенты условия работы свай по боковой поверхности и под ее острием, для уменьшения рисков проектирования.

Авторы [14], отмечают даже опасность СФА-технологии, заключающейся в неконтролируемом избыточном извлечении грунта при завинчивании шнека и формировании воронки оседания, что особо опасно для окружающей застройки. В Приднепровском регионе известны случаи, когда эти явления приводили к значительному оседанию поверхности дна котлована около 500...600 мм, что вызвало необходимость досыпки слоя грунта до проектной отметки низа ростверка. Такой неконтролируемый процесс значительно ослабил грунтовый массив в целом, что могло привести к формированию воронки оседания окружающей территории. Поскольку расстояние к существующей застройке была до 15 м, заранее было выполнено ограждение котлована, что гарантировало безопасность существующей застройки [10].

Однако, при условии использования технологии СФА в подобных геологических условиях в плотной городской застройке нужна осторожность, обязательное исполнение мероприятий, исключающих деформации окружающих зданий от выпорыв грунта из под основы их фундаментов и геотехнический мониторинг. Необходимо отметить, что

расчетная методика определения несущей способности буронабивных свай несовершенна. На сегодняшний день, их несущую способность принимают преимущественно на основе испытаний грунтов натурными сваями, что соответствует проектным, поэтому существует необходимость в достоверности определения несущей способности и накоплении данных результатов статических испытаний.

При использовании технологии вдавливания свай встречаются проблемы связанные с невозможностью выполнить их погружение до проектной отметки из-за наличия слоев суглинков твердого (и даже полутвердого) состояния, но малой мощности 1,5...2 м, которые не получается пройти (или этот процесс занимает значительное время). Для проходки таких слоев целесообразно применять лидерные скважины, однако это влечет за собой удорожание работ и увеличение времени производства нулевого цикла, а в некоторых случаях это нельзя применить из-за геологических условий, не позволяющих грунту сохранить лидерную скважину без обрушения.

Перспективным в этом вопросе является создание задавливающих установок с виброударными приспособлениями, позволяющих при их включении, пробить слои таких грунтов дополнительным динамическим усилием.

Важным вопросом остается проблема исключения барражного эффекта при погружении массива свай и влияния на природную фильтрацию и перемещение подземных вод. В этом случае при обеспечении надежности нового здания проблемным становится вопрос эксплуатации территории и ранее построенных зданий, особенно на просадочных грунтах и склоновых территориях, где могут провоцироваться оползневые процессы. Очевидной является необходимость решения проблемного вопроса, в каких случаях и при каких геологических условиях необходимо выполнять комплекс дополнительных водозащитных мероприятий, поскольку данная проблема нормами практически не рассматривается.

В области использования искусственных грунтовых оснований при новом строительстве нашли достаточно широкое применение «грунтовые подушки», замещающие части грунтов в наиболее напряженной зоне уплотненным слоем расчетной толщины. Исследования эксплуатации построенных зданий показывают достаточно высокую надежность при условии достижения проектных параметров плотности. В связи с этим существует проблема подбора комплекта механизмов для достижения оптимальных параметров и исключения влияния на окружающую застройку, оперативного контроля при производстве работ. С введением норм строительства на просадочных грунтах аннулированы ранее действовавшие региональные нормы, регламентирующие технологи-

ческие подходы и контролируемые параметры, новые указания с учетом возможности работы современного оборудования не разработаны, что затрудняет проектирование и влияет на его качество. Для проектной практики при организации водозащитных экранов из уплотненных грунтов отсутствуют рекомендации и нормативы по определению их геометрических и физико-механических характеристик.

По результатам многочисленных наблюдений для строящихся одно-двух этажных относительно легких зданий торгово-развлекательного, складского и производственного назначения применение подушек является наиболее оптимальным техническим решением. Использование свайных фундаментов под каркас и обычных грунтов в качестве основания полов вызвало целый ряд проблем, особенно на просадочных грунтах Приднепровского региона. Как правило, каркас имеет осадки в диапазоне 15...25 мм, просадки полов могут достигать 200...300 мм, нарушая условия нормальной эксплуатации объектов при весьма неравномерном распределении в плане здания.

В последнее время при устройстве оснований нашли применение технологии, бурсмесительного, высоконапорного инъекционного, струйного закрепления грунтов, позволяющие создать искусственные (укрепленные) основания на большую глубину в определенных условиях. При всей прогрессивности подходов и судя по многочисленным публикациям в части усиления оснований можно получить достаточно надежные результаты, однако в части нормативного обеспечения существует проблем расчета, как технологических параметров, так и усиленных оснований и их совместной работы со зданиями. Каждый из методов имеет свою область наиболее эффективного применения и круг решаемых инженерных задач, что, очевидно, необходимо четко регламентировать нормативной базой [3].

В настоящее время планировка застройки вновь осваиваемых территорий претерпела значительного изменения: возросла ее плотность, вместо отдельно стоящих зданий (свободная планировка кварталов) стали применяться сплошные комплексы протяженных зданий различной этажности, которые возводятся одновременно, появились заглубленные и подземные сооружения. В промышленном строительстве отмечается уплотнение застройки, установка нового технологического оборудования с высокими нагрузками и допусками по деформациям оснований и их неравномерности, возрастание нагрузок на основные конструктивные элементы.

Строительство в условиях плотной городской застройки вызывает ряд проблем, связанных с обеспечением нормальной эксплуатации существующих зданий, сохранением комфортных условий для проживания и выполнением проектных параметров по устройству оснований новых

зданий и сооружений с требуемым уровнем надежности. Решение данной задачи особенно затруднено в районах распространения грунтов с особыми свойствами – просадочных, слабых водонасыщенных, насыпных, которые сравнительно легко подвержены технологическому разрушению и получают большие долго незатухающие осадки.

При строительстве на плотнозастроенной городской территории, зданий с подземными паркингами, возникает необходимость в устройстве котлованов с вертикальными откосами. В таких случаях выполняются ограждения котлованов, сооружаемые методом «стена в грунте», из буроинъекционных и буронабивных свай, а также из металлических шпунтовых свай двутаврового сечения. При устройстве таких котлованов по их глубине устанавливаются распорки (расстрелы) или устраиваются грунтовые анкеры. Следует отметить малое применение анкеров в регионе, связанное с отсутствием желания у заказчиков их использовать, ввиду чего они соглашаются даже на ограждение из несколько рядов свай.

При строительстве на участках, связанных с применением строительного водопонижения, происходит уплотнение рыхлых песчаных грунтов и, как следствие этого, снижение их несущей способности и появление неравномерной осадки фундаментов существующих зданий и сооружений. Подобная осадка может происходить, если подошвы фундаментов или низ их элементов расположены выше понижаемого уровня грунтовых вод.

Выполняя работы на подобного рода участках приходится снижать уровень грунтовых на величину, при которой депрессионная кривая располагается выше или на уровне подошвы существующих фундаментов, или дополнительно устраивать водонепроницаемую мембрану, защищающую существующие фундаменты при снижении уровня грунтовых вод.

Нормативные документы, в которых приводится подробная трактовка основных положений, относящихся к расчету, проектированию и новому строительству слабо применимы к реконструкции, особенно если она осуществляется в условиях распространения грунтов с особыми свойствами, на площадках существующей городской застройки (в том числе исторической), природных склонов со сложившимися путями фильтрации подземных вод. Применительно к этим условиям современные строительные нормы должны кардинально отличаться от существующих в методическом и идеологическом плане. Для условий реконструкции необходима четкая классификация наиболее возможных случаев реконструкции по степени их геотехнической сложности и воздействия на среду, определение видов и минимально необходимых объемов предпроектных и проектных работ, определение регламента ведения строительных работ и мониторинга существующей застройки.

При строительстве в плотной городской застройке, в результате влияния, обусловленного технологией устройства фундаментов, зачастую возникают особые ситуации или аварийные отказы. Предотвратить это может предварительное усиление оснований зданий, в особых случаях могут применяться новые технологические подходы по ликвидации нештатных ситуаций – усиление оснований фундаментов инъекциями цементных растворов под высоким давлением, подводка буроинъекционных свай и др., причем любой из технических подходов должен иметь соответствующее расчетное обоснование.

Вполне очевидно, что при ведении строительных работ полностью исключить влияние на старую застройку практически невозможно. В связи с этим требуют своего решения и нормативного обоснования строительные допуски в части возможного уровня дополнительных деформаций существующих зданий и необходимого объема компенсационных работ по их стабилизации либо предотвращению. В настоящий момент в основном нормативном документе ДБН В.2.1-10-2009 оговорены лишь отдельные моменты, причем определить прошедшие деформации возможно только расчетным путем, поскольку наблюдения за зданиями практически не проводились, категоричность здания, как правило, связана с состоянием конструкций и имеет слабую привязку к геологическим условиям.

ВЫВОДЫ

В статье авторами поднята лишь часть проблем, возникающих при проектировании и устройстве фундаментов, и сделана попытка кратко обобщить существующий круг инженерных проблем в фундаментостроении на примере Приднепровского региона, имеющего весьма сложные геологические условия. Организация на страницах журнала дискуссии, направленной на определение основных направлений в совершенствовании нормативной базы проектирования оснований и фундаментов с учетом особенностей инженерных объектов, региональных природных (геологических) условий и последующей эксплуатации зданий и сооружений может дать ценный опыт и результаты для проектной практики.

Результаты наблюдений и испытаний в приднепровском регионе подтверждают необходимость проведения систематического геотехнического мониторинга для создания возможности интерактивного корректирования проекта, и корректировки подхода к проектированию в целом, что требует учета региональных инженерно-геологических условий в первую очередь. Несущая способность фундаментов должна обуславливаться индивидуальными в каждом случае геологическими условиями, а не конструктивными схемами зданий. Что бы повысить уровень надежности

для проєктувальників (особенно тех которые не имеют опыт проєктування в данном регионе) следует ввести в експертизе регіональний геотехнічний контроль проєкта, который могут выполнять специалисты из научных организаций и создавать базу по своему региону. От такой сплочённой работы между научными учреждениями выиграют все, так как это даст возможность систематизировать материал по региональным условиям, что позволит в режиме консилиума решать сложные геотехніческие вопросы и создавать уникальные проєкты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко І. П. Пальові фундаменти висотних будинків в складних ґрунтових умовах / І. П. Бойко, В. Л. Підлущкий // Вісник Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. – Дніпропетровськ, 2014. – №8. – С.10-15.
2. Бойко І. П. Пальові методи випробування паль статичними навантаженнями / І. П. Бойко // Основи і фундаменти : міжвідом. наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. – Київ, 2015. – Вип. 36. – С. 3-8.
3. Головки С.И. Теория и практика усиления ґрунтовых оснований методом высоконапорной цементации : Монография / С. И. Головки. – Днепропетровск : Пороги, 2010. – 247 с.
4. Досвід геотехнічного проєктування та моніторингу будівництва висотних будівель у зоні підземних виробок / [М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко та ін.] // Основи та фундаменти : міжвідом. наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. – Київ, 2015. – Вип. 36. – С. 18-26.
5. Корнієнко М. В. Визначення несучої здатності палі великого діаметру за результатами статичних випробувань і за нормативними документами / М.В. Корнієнко, І.Ю. Заварзіна // Основи і фундаменти : міжвід. наук.-техн. зб. / КНУБА. – Київ, 2014. – Вип. 35. – С. 54-59.
6. Митинский В. М. Использование существующего свайного поля при новом освоении площадки / В. М. Митинский // Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. пр. / Полт. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава, 2012. – Вип. 4(34), т. 2. – С. 161-164.
7. Новский А.В. Известняк-ракушечник: Исследование и использование в качестве основания фундаментов : монография / А. В. Новский, В. А. Новский, Ю. Ф. Тугаенко. – Одесса : Астропринт, 2014. – 92 с.
8. Посібник з проєктування та влаштування паль у пробитих свердловинах / [М. Л. Зоценко, Ю. Л. Винников, А. М. Павліков та ін.]; ПолтНТУ, ДП НДІБК. – Київ, 2014. – 70 с.
9. Самородов А.В. Метод оптимального проєктування свайно-плитных фундаментов многоэтажных зданий по предельно допустимым осадкам / А.В. Самородов // Науковий вісник будівництва. – Вип. 1(79). – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – С. 96-100.

10. Особливості влаштування буроін'єкційних паль великого діаметру в багат шарових глинистих ґрунтах / [В.Л. Сєдін, А.М. Мельник, К.М. Бікус, К.А. Шикотюк] // Збірник наук. праць. Серія: Галузеве, машинобудування, будівництво / Полт. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава, 2015. – Вип. 1(43). – С. 214-221.
11. Сєдін В.Л. Інженерна геологія : Навч. Посібник / В.Л. Сєдін, О. М. Грабовець, О.В. Бондар. – Дніпропетровськ: Середняк Т.К., 2015. – 487 с.
12. Сєдін В. Л. Мониторинг изменения деформаций жилого дома и рекомендации по устранению предаварийного состояния / В.Л. Сєдін, В.И. Крысан, К.М. Бікус // Збірник наукових праць. Серія : Галузеве, машинобудування, будівництво / Полт. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава, 2012. – Вип. 4(34), т. 2. – С. 209-215.
13. Тугаєнко Ю. Ф. Трансформація напружено-деформованого стану ґрунтів основи і її учет при проектуванні фундаментів : монографія / Ю. Ф. Тугаєнко. – Одеса: Астропринт, 2011. – 120 с.
14. Улицкий, В.М. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям) / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. – СПб.: ПИ "Геореконструкция", 2012. – 288 с.

REFERENCES

1. Bojko I. P. Pal'ovi fundamenti visotnih budinkiv v skladnih rruntovih umovah / I. P. Bojko, V. L. Pidluc'kij // Visnik Pridnpr. derzh. akad. bud-va ta arhitekturi. - Dnipropetrovs'k, 2014. - №8. - S.10-15.
2. Bojko I. P. Pol'ovi metodi viprobuvannya pal' stachnimi navantazhennyami / I. P. Bojko // Osnovi i fundamenti : mizhvidom. nauk.-tehn. zb. / Kiïv. nac. un-t bud-va i arhitekturi. - Kiïv, 2015. - Vip. 36. - S. 3-8.
3. Golovko S.I. Teoriya i praktika usileniya gruntovyh osnovanij metodom vysokonapornoj cementacii : Monografiya / S. I. Golovko. - Dnepropetrovsk : Porogi, 2010. - 247 s.
4. Dosvid geotehnichnogo proektuvannya ta monitoringu budivnictva visotnih budivel' u zoni pidzemnih virobok / M.L. Zocenko, Yu.L. Vinnikov, M.O. Harchenko ta in. // Osnovi ta fundamenti : mizhvidom. nauk.-tehn. zb. / Kiïv. nac. un-t bud-va i arhitekturi. - Kiïv, 2015. - Vip. 36. - S. 18-26.
5. Kornienko M. V. Vznachennya nesuchoï zdatnosti pali velikogo diametru za rezul'tatami stachnih viprobuvan' i za normativnimi dokumentami / M.V. Kornienko, I.Yu. Zavarzina // Osnovi i fundamenti : mizhvid. nauk.-tehn. zb. / Kiïv. nac. un-t bud-va ta arhitekturi. - Kiïv, 2014. - Vip. 35. - S. 54-59.
6. Mitinskij V. M. Ispol'zovanie suschestvuyuschego svajnogo polya pri novom osvoenii ploschadki / V. M. Mitinskij // Galuzeve mashinobuduvannya, budivnictvo: zb. nauk. pr. / Polt. nac. tehn. un-t im. Yu. Kondratyuka. - Poltava, 2012. - Vip. 4(34), t. 2. - S. 161-164.

7. Novskij A.V. Izvestnyak-rakushechnik: Issledovanie i ispol'zovanie v kachestve osnovaniya fundamentov : monografiya / A. V. Novskij, V. A. Novskij, Yu. F. Tugaenko. - Odessa : Astroprint, 2014. - 92 s.
8. Posibnik z proektuvannya ta vlashtuvannya pal' u probitih sverdlovinah / [M. L. Zocenko, Yu. L. Vinnikov, A. M. Pavlikov ta in.] ; PoltNTU, DP NDIBK. - Kiiv, 2014. - 70 s.
9. Samorodov A.V. Metod optimal'nogo proektirovaniya svajno-plitnyh fundamentov mnogo^etazhnyh zdanij po predel'no dopustimym osadkam / A.V. Samorodov // Naukovij visnik budivnictva. - Vip. 1(79). - Harkiv: HNUBA, HOTV ABU, 2015. - S. 96-100.
10. Sedin V.L. Osoblivosti vlashtuvannya buroin'ekcijnih pal' velikogo diametru v bagatosharovih glinistih runtah / V.L. Sedin, A.M. Mel'nik, K.M. Bikus, K.A. Shikotyuk // Zbirnik nauk. prac'. Seriya: Galuzeve, mashinobuduvannya, budivnictvo / Polt. nac. tehn. un-t im. Yu. Kondratyuka. - Poltava, 2015. - Vip. 1(43). - S. 214-221.
11. Sedin V.L. Inzhenerna geologiya : Navch. Posibnik / V.L. Sedin, O. M. Grabovec', O.V. Bondar. - Dnipropetrovs'k: Serednyak T.K., 2015. - 487 s.
12. Sedin V. L. Monitoring izmeneniya deformacij zhilogo doma i rekomendacii po ustraneniyu predavarijnogo sostoyaniya / V.L. Sedin, V.I. Krysan, K.M. Bikus // Zbirnik naukovih prac'. Seriya : Galuzeve, mashinobuduvannya, budivnictvo / Polt. nac. tehn. un-t im. Yu. Kondratyuka. - Poltava, 2012. - Vip. 4(34), t. 2. - S. 209-215.
13. Tugaenko Yu. F. Transformaciya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gruntov osnovaniya i ee uchet pri proektirovanii fundamentov : monografiya / Yu. F. Tugaenko. - Odessa: Astroprint, 2011. - 120 s.
14. Ulickij, V.M. Gid po geotehnike (putevoditel' po osnovaniyam, fundamentam i podzemnym sooruzheniyam) / V.M. Ulickij, A.G. Shashkin, K.G. Shashkin. - SPb.: PI "Georekonstrukciya", 2012. - 288 s.

Статья поступила в редакцию 12.09.2016 г.