

Практические рекомендации по геотехническому проектированию соседних фундаментов вновь возводимых зданий

¹МУХАМЕДЖАНОВА Асель Толеубековна, PhD, старший преподаватель, assel.84@list.ru,

¹РАХИМОВА Галия Мухамедиевна, к.т.н., доцент, galinrah@mail.ru,

¹РАХИМОВ Асхат Муратович, PhD, преподаватель, rakhimov-a@kaztransoil.kz,

^{1*}ЕРМЕКБАЙ Гүлзада Амандықызы, магистрант, ermekbai_gulzada@mail.ru,

²ШОРАТ Мұхамметжан, магистрант, assel.84@list.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Satbayev University, Казахстан, Алматы, ул. Сапиева, 22а,

*автор-корреспондент.

Аннотация. При проектировании зданий и сооружений, возводимых в условиях плотной городской застройки, возникает вопрос о выборе оптимального расстояния между близко расположенными фундаментами. В действующих строительных нормах нет каких-либо рекомендаций по определению данного параметра. Анализ результатов выполненных расчетов дополнительных осадок оснований близко расположенных фундаментов, загружаемых последовательно, позволил выявить значительное влияние на развитие дополнительной осадки существующего фундамента, которые охватывают менее уплотненные наружные зоны основания существующего фундамента. Также установлено, что в большей степени влиянию соседнего фундамента подвержены менее уплотненные наружные зоны основания существующего фундамента, где развивается основная доля дополнительной осадки. Дополнительная осадка, вызванная односторонней пригрузкой основания, приводит к значительному крену существующего фундамента, несмотря на то, что составляет лишь 18% от его полной стабилизированной осадки. Это обстоятельство следует учесть при окончательном принятии предельно допустимого расстояния между соседними фундаментами путем ограничения неравномерностей их осадок согласно требованиям СН РК.

Ключевые слова: соседние фундаменты, взаимное влияние, осадка, крен, существующий фундамент, грунт, реконструкция, уплотнение, прочность, водопроницаемость.

Введение

В условиях плотной застройки городов нерешенной проблемой остается и вопрос изысканий грунтов в связи с отсутствием соответствующих нормативных документов.

При осуществлении строительства, расчета и планирования основания фундаментов подлежащих реконструкции путем надстройки дополнительных этажей, достройки незаконченных объектов или пристройки необходимо учесть следующие факторы:

- взаимное влияние соседних фундаментов на их осадки;
- изменения свойств грунтов;
- закономерности деформирования грунтов при последующем нагружении. Вышеперечисленные факторы должны отражаться в нормативных документах.

В процессе исторического развития городов, занимающих территории, неизбежно возникает

фактор неравномерного уплотнения в складчатых грунтах неповрежденной структуры, особенно глинистых, слабых, сильно сжатых, на глубине и поверхности грунта.

Здания и сооружения, имеющие различные размеры по высоте и по массе, привлекают к работе большие объемы грунтовой массы. При этом определенные площади земли испытывают вторичные загрузки, как при сносе прошлых зданий и создании на их месте очередных.

Городские застройки выполняются:

- путем надстройки или достройки незаконченных объектов;
- созданием пристроек;
- восстановлением ранее созданных объектов.

При этом появляется потребность измерения действительных размеров неравномерно уплотненных зон оснований существующих фундаментов и оценка постгенетических изменений физико-механических свойств грунтов в границах этих

зон. Кроме того, следует учесть местные преобразования сжимаемости и напряженного состояния грунтов застраиваемых участков и причины совместного влияния примыкающих фундаментов, расчет осадок проектируемых фундаментов восстановленных зданий.

Существуют различные методы расчета осадок. Однако они не позволяют прогнозировать фактические размеры активной (уплотненной) зоны основания и поэтому неприемлемы для вычисления осадок примыкающих фундаментов, потому как они конструируются с учетом локальных укрепленных и покрывающих напряженных частей в основании. А эти части определяются уплотнением и взаимным влиянием фундаментов. Они базируются на теории линейно деформируемых тел и предназначены для расчета идеализированного грунта. А при существенной толщине слабых почв воздействие фактора предыдущего уплотнения грунтов отражается более ощутимо, что может привести в частных обстоятельствах к формированию неразрешенных деформаций в надземных конструкциях зданий и сооружений.

Экспериментальные исследования характера взаимного влияния соседних фундаментов осуществлялись путем моделирования их работы в полевых условиях последовательным нагружением близко расположенных двух жестких круглых штампов диаметром 0,8 м. Штаповые опыты проводились на двух площадках, сложенных сравнительно однородными глинистыми грунтами, существенно отличающимися по сжимаемости.

Анализ данных инженерно-геологических исследований, представленных в таблице, показал, что грунты основания исследуемых соседних штампов для опытных площадок №1 и №2 существенно отличаются по качеству их физико-механических свойств. В эксперименте на площадке №1 основанием штампов служат надежные грунты – тугопластичные суглинки с относительно хорошими строительными свойствами. Площадка №2 сложена слабыми грунтами – ленточными суглинками в текучем состоянии, отличающимися низкой прочностью и высокой сжимаемостью.

В исследованиях М.Ю.Абелева [1] применяются образцы круглого типа. Сравнительно с квадратными образцами они дают постоянную передачу нагрузки на основание. Также исключают образование трещин, возникающих часто под углами квадратных штампов.

Применение штампов круглой формы предоставляет более равномерную передачу нагрузки

на основание, чем квадратные штампы и устраняет образование трещин, создающихся зачастую под их углами. Так установлено исследованиями М.Ю. Абелева [1], проведенными на слабых водонасыщенных глинистых грунтах. Поэтому и по ряду других соображений в полевых экспериментах использовались круглые жесткие штампы площадью подошвы 0,5 м², изготовленные в монолитном железобетоне.

На рисунке 1 представлены эпюры вертикальных перемещений глубинных марок и послойных относительных деформаций грунта под штампом 1 на расстоянии 0,25 D от его центральной оси, которые показывают, что по мере роста удельного давления деформации в основании развиваются постепенно, уменьшаясь с глубиной и распространяются все на более глубокие слои основания. Установленный характер распределения деформаций грунта по глубине основания подтверждает результаты ряда экспериментов, проведенных в натуре [2,3].

Сравнение эпюр восстанавливающихся (упругих и упругого последствия) перемещений грунта при полной разгрузке штампа 1 и суммарных перемещений грунта при удельном давлении 0,2 МПа показано на рисунке 1б.

Из сравнения видно, что по глубине основания доля восстанавливающихся перемещений увеличивается. На глубине 1,25D перемещения оказались практически полностью восстанавливаемыми (обратимым) и составляли не более 10% общей осадки штампа. До указанной глубины развиваются как обратимые, так и остаточные (структурные) деформации.

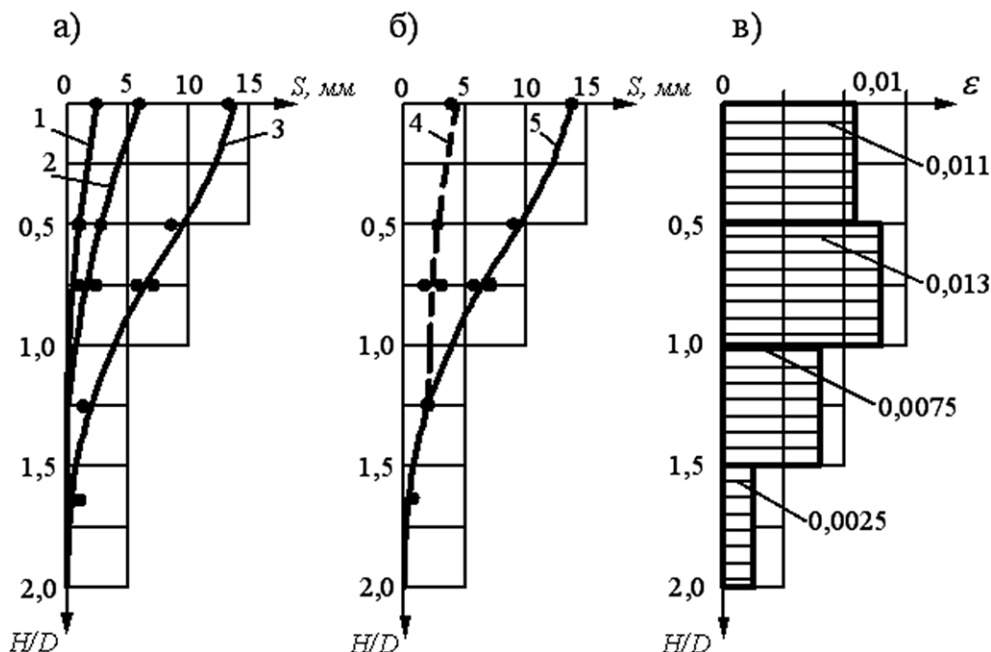
Таким образом, глубина развития зоны деформации уплотнения грунта под штампом 1 при удельном давлении 0,2 МПа по данным эксперимента может быть оценена приблизительно 1,25D.

После окончания опытов и снятия измерительной системы (в том числе прогибомеров, индикаторов) было организовано длительное геодезическое наблюдение за осадками соседних штампов применением метода высокоточного нивелирования.

Анализ результатов полевых штаповых исследований взаимного влияния соседних фундаментов

Полевые опыты проводились на двух площадках (№1 и №2), сложенных глинистыми грунтами, отличающимися по сжимаемости ($E = 8,2$ и $4,6$ МПа).

Физико-механические свойства грунтов экспериментальных площадок №1 и №2							
Опытная площадка	Наименование грунтов	γ , гс/см ³	W	I_L	c , МПа	φ , град	E_0 , МПа
№ 1	Суглинок тугопластичный	1,98	0,25	0,36	0,015	17	8,2
№ 2	Суглинок текучепластичный	1,87	0,36	1,09	0,005	20	4,6



а – суммарные (восстанавливающиеся и остаточные) вертикальные перемещения грунта основания при удельном давлении: 1 – 0,08 МПа; 2 – 0,14 МПа; 3 – 0,2 МПа; б – восстанавливающиеся перемещения 4 при полной разгрузке штампа и суммарные перемещения 5 при удельном давлении 0,2 МПа; в – послойные относительные деформации грунта основания при полном нагружении штампа

Рисунок 1 – Эпюры вертикальных перемещений и послойных относительных деформаций грунта под штампом 1 на расстоянии 0,25D от его центральной оси (опытная площадка №1)

Испытания соседних штампов с диаметром $D = 0,8$ м, площадью подошвы $A = 0,5$ м² и глубиной заложения 0,4 м осуществлялись с помощью рычажной установки конструкции Е.С. Утенова.

Осадки штампов и глубинные перемещения грунта основания измерялись в 37 точках (площадка №1) и в 18 точках (площадка №2).

Штампы были расположены на расстоянии $1,25D$ между их центрами и нагружались ступенями до давлений по их подошве 0,2 и 0,12 МПа соответственно на площадках №1 и №2.

Загружение штампов 2 на обеих площадках привело к кренам их в сторону от штампов 1 соответственно: 0,0030 и 0,0035. При этом в свою очередь штампы 1 получили крен в сторону штампов 2 соответственно: 0,0028 и 0,0030. Измерение напряжения под краем штампа 1 со стороны штампа 2 на площадке №2 показало дополнительное увеличение напряжения в грунтах основания до 30 % вследствие влияния соседнего фундамента.

На основании анализа результатов проведенных экспериментальных исследований можно заключить следующее:

1. Проведенные эксперименты позволили выявить основные причины взаимного влияния соседних штампов при последовательном их нагружении.

2. При нагружении штампов деформации уплотнения грунтов оснований развиваются в пределах ограниченного объема. Установлено увеличение размеров указанного объема при слабых основаниях.

3. Крен ранее загруженного штампа 1 обусловлен деформированием части основания в результате дополнительного нагружения действием соседнего штампа 2.

4. Главной причиной развития крена штампа 2 является влияние предшествующего уплотнения грунта некоторой зоны основания со стороны ранее загруженного штампа 1.

5. Экспериментально установлено, что величина крена штампа 2, загружаемого во вторую очередь, значительна при слабых грунтах оснований.

Чтобы определить допустимое расстояние $l_{пр}$ между соседними фундаментами, они должны располагаться на таком расстоянии, при котором предоставляется изолированность всех живых участков основания. Данное расположение является главной причиной взаимного влияния близстоящих фундаментов [4].

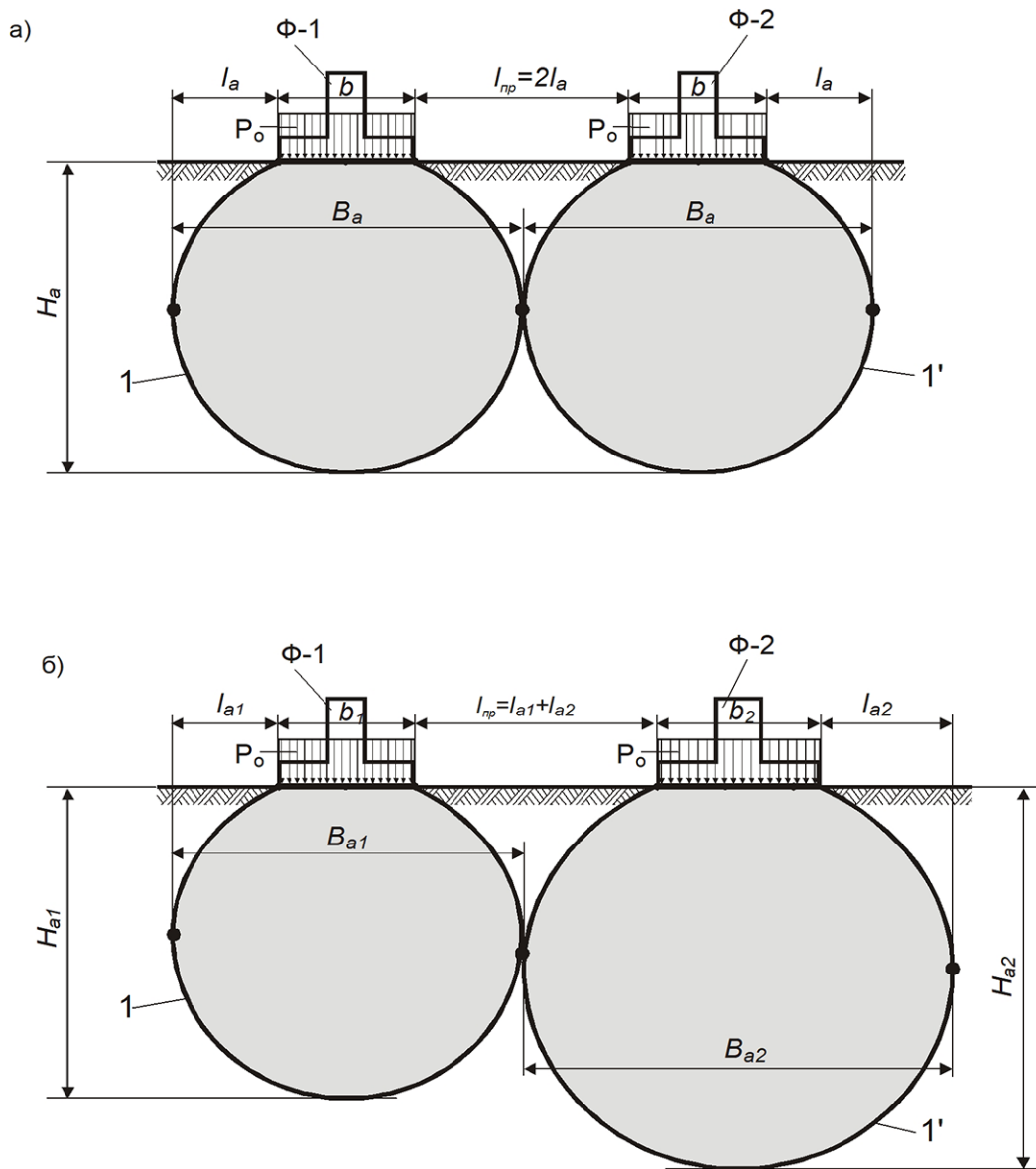
В таком случае параметр l_{np} будет зависеть от размеров деформируемой зоны основания каждого фундамента, в частности, от выноса l_a сжимаемой зоны, значение которого можно вычислить по формуле (рисунок 2):

$$l_{a1} = \frac{B_{a1} - b_1}{2}, l_{a2} = \frac{B_{a2} - b_2}{2}. \quad (1)$$

При взаимовлиянии аналогичных фундаментов, на основе их размеров активных зон 1 и 1' их оснований можно получить (рисунок 2, а)

$$l_{np1} = 2l_{a1}. \quad (2)$$

В случае взаимовлияния разных фундаментов



а – состояние взаимовлияния аналогичных фундаментов; б – состояние взаимовлияния разных фундаментов;
1 и 1' – рамки активных зон основания прилегающих фундаментов Φ-1 и Φ-2

Рисунок 2 – Модель измерения предельно допустимого расстояния между соседними фундаментами с учетом их взаимного влияния

значение $l_{пр}$ легко вычислить также с учетом размеров активных зон 1 и 1' (рисунок 2, б):

$$l_{пр2} = l_{a1} + l_{a2}. \quad (3)$$

Таким образом, в обоих случаях сближения фундаментов расчет предельно допустимого расстояния $l_{пр}$ между ними сводится к определению параметра l_a их основания, что видно из формул (2) и (3).

Выводы:

По результатам исследований получены следующие рекомендации по геотехническому проектированию соседних фундаментов вновь возводимых зданий:

- основанием совместного влияния прилегающих фундаментов на их осадки является перекры-

тие самых напряженных участков загруженного основания. В связи с этим, требованием измерения возможного расстояния между фундаментами, пропускающего их взаимное влияние, вероятно размещение соседних фундаментов на таком расстоянии, при котором гарантируется изоляция обеих активных частей основания [5];

- для определения допустимого расстояния между близлежащими фундаментами рекомендуется провести расчет с применением прочностных и деформационных характеристик грунта основания, что позволит увеличить обоснованность и безопасность выбора подходящего расстояния между близко возводимыми фундаментами проектируемых зданий;

- при реконструкции зданий часто приходится фундаменты располагать слишком близко, то

есть на расстоянии меньшем, чем допустимое с перекрытием активных зон их оснований. В таком случае соседние фундаменты могут получить неравномерные осадки, характер развития которых зависит от ряда факторов: сжимаемости грунтов, последовательности приложения нагрузки и ее величины, расстояния между фундаментами. Следовательно, чтобы принять заключительное проектное решение следует сделать расчет осадок оснований соседних фундаментов, учитывая при этом их взаимного влияния;

- для установления осадок оснований близко расположенных фундаментов используемая рас-

четная схема должна брать во внимание следующие факторы – реальные размеры неравно уплотненных участков основания, законы сжимаемости грунтов в их пределах и области наложения различных напряженных зон в соответствующих сочетаниях с учетом порядка приложения и уровня нагрузок [5].

Данные рекомендации позволят более точно учесть фактор взаимного влияния соседних фундаментов путем определения осадки с учетом реального закона уплотнения конкретного грунта при проектировании оснований и фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова Т.Т. Современные методы управления свойствами грунтов на участках высоких динамических нагрузок / Т.Т. Абрамова, Е.А. Вознесенский // Геотехника – 2015. – № 4. – С. 6-25.
2. Мирсаяпов И.Т. Прочность и деформируемость глинистых грунтов при различных режимах трехосного нагружения с учетом трещинообразования / И.Т. Мирсаяпов, И.В. Королева // Основания, фундаменты и механика грунтов – 2016. – № 1. – С. 5-10.
3. Справочник геотехника: основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общ. ред. Ильичева В.А. и Мангушева Р.А. / Глава 16. Усиление оснований и фундаментов зданий и сооружений / А.И. Полищук, А.А. Тарасов. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – С. 807-850.
4. Утепов Е.С. Расчет оснований реконструируемых зданий. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2013. – 237 с.
5. Расчет осадок фундаментов с учетом влияния локальных изменений сжимаемости и напряженного состояния основания здания / Утепов Е.С. // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. Вып.3 – С. 65-68.

Жаңадан салынған ғимараттардың көршілес іргетасын геотехникалық жобалау бойынша практикалық ұсыныстар

¹МУХАМЕДЖАНОВА Асель Төлеубековна, PhD, аға оқытушы, assel.84@list.ru,

¹РАХИМОВА Галия Мухамедиевна, т.ғ.к., доцент, galinrah@mail.ru,

¹РАХИМОВ Асхат Муратович, PhD, оқытушы, rakhimov-a@kaztransoil.kz,

¹*ЕРМЕКБАЙ Гүлзада Амандыққызы, магистрант, ermekbai_gulzada@mail.ru,

²ШОРАТ Мұхамметжан, магистрант, assel.84@list.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Сәтбаев Университеті, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22а,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Қаланың тығыз дамуы жағдайында салынған ғимараттар мен құрылыстарды жобалау кезінде тығыз орналасқан іргетастардың арасындағы оңтайлы қашықтықты таңдау мәселесі туындайды. Қолданыстағы құрылыс нормаларында бұл параметрді анықтау бойынша ұсыныстар жоқ. Тізбектей жүктелген тығыз орналасқан іргетастардың қосымша шөгулерін есептеу нәтижелерін талдау іргетастың азырақ тығыздалған сыртқы аймақтарын қамтитын қолданыстағы іргетастың қосымша шөгуінің дамуына елеулі әсер етуді анықтауға мүмкіндік берді. Сондай-ақ, қосымша қоныстың негізгі үлесі дамиды қолданыстағы іргетас негізінің азырақ тығыздалған сыртқы аймақтары көрші іргетастың көбірек әсер ететіні анықталды. Іргетастың бір жақты төселуінен туындаған қосымша шөгу оның толық тұрақтандырылған шөгуінің 18%-ын ғана құрайтынына қарамастан, қолданыстағы іргетастың айтарлықтай орамына әкеледі. Бұл жағдайды іргелес іргетастар арасындағы шекті рұқсат етілген қашықтықты түпкілікті қабылдау кезінде олардың отыруының біркелкі еместігін ҚР ҚН талаптарына сәйкес шектеу арқылы ескеру қажет.

Кілт сөздер: көршілес іргетас, өзара ықпал, қоныстану, орам, орнатылған іргетас, топырақ, қайта құру, тығыздау, беріктік, су өткізгіштік.

Practical Recommendations on Geotechnical Design of Adjacent Foundations of Newly Erected Buildings

¹MUKHAMEDZHANOVA Asel, PhD, Senior Lecturer, assel.84@list.ru,

¹RAKHIMOVA Galiya, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, galinrah@mail.ru,

¹RAKHIMOV Askhat, PhD, Lecturer, rakhimov-a@kaztransoil.kz,

¹*YERMEKBAI Gulzada, master degree, ermekbai_gulzada@mail.ru,

²SHORAT Muhammetjan, master degree, assel.84@list.ru,

¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²Satbayev University, Kazakhstan, Almaty, Satbayev Street, 22a,

*corresponding author.

Abstract. When designing buildings and structures erected in dense urban areas, the question arises of choosing the optimal distance between closely spaced foundations. In the current building codes there are no recommendations for determining this parameter. An analysis of the results of the calculations of additional settlements of the foundations of closely spaced foundations loaded in series made it possible to identify a significant effect on the development of the additional settlement of the existing foundation, which cover less compacted outer zones of the foundation of the existing foundation. It has also been established that less compacted outer zones of the existing foundation base, where the main share of additional settlement develops, are more affected by the neighboring foundation. Additional settlement caused by one-sided surfacing of the base leads to a significant roll of the existing foundation, despite the fact that it is only 18% of its full stabilized settlement. This circumstance should be taken into account when finally accepting the maximum allowable distance between adjacent foundations by limiting the unevenness of their settlement in accordance with the requirements of SN RK.

Keywords: adjacent foundations, mutual influence, settlement, roll, existing foundation, soil, reconstruction, compaction, strength, water permeability.

REFERENCES

1. Abramova T.T. Modern methods of controlling soil properties in areas of high dynamic loads / T.T. Abramova, E.A. Voznesensky // Geotechnics – 2015. – No. 4. – pp. 6-25.
2. Mirsayapov I.T. Strength and deformability of clay soils under different modes of triaxial loading, taking into account cracking / I.T. Mirsayapov, I.V. Koroleva // Foundations, foundations and soil mechanics – 2016. – No. 1. – pp. 5-10.
3. Handbook of geotechnics: foundations, foundations and underground structures / Under the general editorship of Ilyichev V.A. and Mangushev R.A. / Chapter 16. Strengthening the foundations and foundations of buildings and structures / A.I. Polishchuk, A.A. Tarasov. – M.: DIA Publishing House, 2016. – pp. 807-850.
4. Utenov E.S. Calculation of the bases of reconstructed buildings. – Karaganda: Publishing house of KSTU, 2013. – 237 p.
5. Calculation of foundation settlements taking into account the influence of local changes in compressibility and stress state of the building foundation / Utenov E.S. // Proceedings of the University. – Karaganda: Publishing house of KSTU, 2009. Issue 3. – pp. 65-68.