

*Рыбникова И.А., ст. препод.
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
(Новороссийский филиал)*

*Рыбников А.М., канд. техн. наук, доц., с. н. с.
Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова*

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ НЕГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

7upa7@mail.ru

Одним из перспективных направлений в фундаментостроении является совершенствование конструкций фундаментов неглубокого заложения на естественном основании. Положительно зарекомендовало себя использование промежуточной подготовки переменной жёсткости в ленточных фундаментах. Экономический эффект также даёт использование рабочей боковой поверхности у ленточных и одиночных фундаментов. К фундаментам неглубокого заложения в связных маловлажных грунтах естественного залегания относятся щелевые, круглые, шлицевые, траншейные и плитные фундаменты. Технология их устройства исключает обратную засыпку боковой поверхности, и тем самым позволяет использовать боковое трение по их стенкам. Этого нельзя достичь при устройстве в открытых котлованах столбчатых или ленточных фундаментов. Приведенные конструкции исследованы, рассчитаны, запроектированы, внедрены на реальных объектах и эксплуатируются длительное время.

***Ключевые слова:** промежуточная подготовка переменной жёсткости, щелевые, круглые, шлицевые, траншейные и плитные фундаменты.*

Введение. Наиболее применяемыми конструкциями фундаментов в промышленном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве являются фундаменты неглубокого заложения на естественном основании. К перспективному направлению их совершенствования можно отнести использование промежуточной подготовки переменной жёсткости в ленточных фундаментах. Другим направлением является использование рабочей боковой поверхности как ленточных, так и одиночных фундаментов. К таким фундаментам неглубокого заложения в связных маловлажных грунтах естественного сложения относятся щелевые, круглые, шлицевые, траншейные и одноплитные. Технология их устройства исключает обратную засыпку боковой поверхности и тем самым позволяет использовать боковое трение по их стенкам, чего нельзя достичь при устройстве в открытых котлованах столбчатых или ленточных фундаментов.

Методология. Имеется достаточный опыт применения эффективных конструкций фундаментов неглубокого заложения на реальных объектах. Прежде чем внедрялись в практику строительства усовершенствованные фундаменты, они испытывались как на моделях, так и на строительных площадках конкретных объектов в натуральную величину. По результатам исследований разрабатывалась методика расчётов, выполнялись проекты фундаментов, по которым они и возводились.

Основная часть. Одним из путей снижения стоимости ленточных фундаментов является

уменьшение площади опорной монолитной ленты или ленты из сборных железобетонных подушек и снижение расхода арматуры на них. Достигнуть это позволяет применение **промежуточной подготовки переменной жёсткости** (рис. 1, а). Указанная подготовка представляет собой сплошную бетонную полосу высотой 5...10 см, шириной 20...40 % от ширины подушки (ленты). По обе стороны полосы отсыпается слой рыхлого песка такой же высоты. Подушки или монолитная лента устраиваются непосредственно на этой подготовке после набора прочности бетонной полосой.

При такой конструкции фундамента начальная нагрузка передаётся на грунт основания через подошву бетонной подготовки. По мере возрастания нагрузки происходит осадка фундамента с одновременным уплотнением рыхлого грунта и при определённом её значении вся нижняя плоскость подошвы ленты вступает в работу. В результате суммарная эпюра контактных напряжений будет иметь ступенчатую форму с наибольшей ординатой под бетонной частью подготовки. Происходит разгрузка консольных частей подушки (ленты). Эта трансформация эпюры уменьшает изгибающий момент в расчётном сечении, а значит и процент армирования (площадь арматуры). С другой стороны, за счёт увеличения расчётного сопротивления грунта появляется возможность уменьшить ширину, то есть площадь подушки (ленты). На фундаменте с промежуточной подготовкой в г. Кустанае возведен многоэтажный

экспериментальный 144-квартирный четырёхсекционный жилой дом, который нормально эксплуатируется [1]. Однако для более широко-

го внедрения такой конструкции фундамента требуется его детальное исследование и создание методики расчёта.

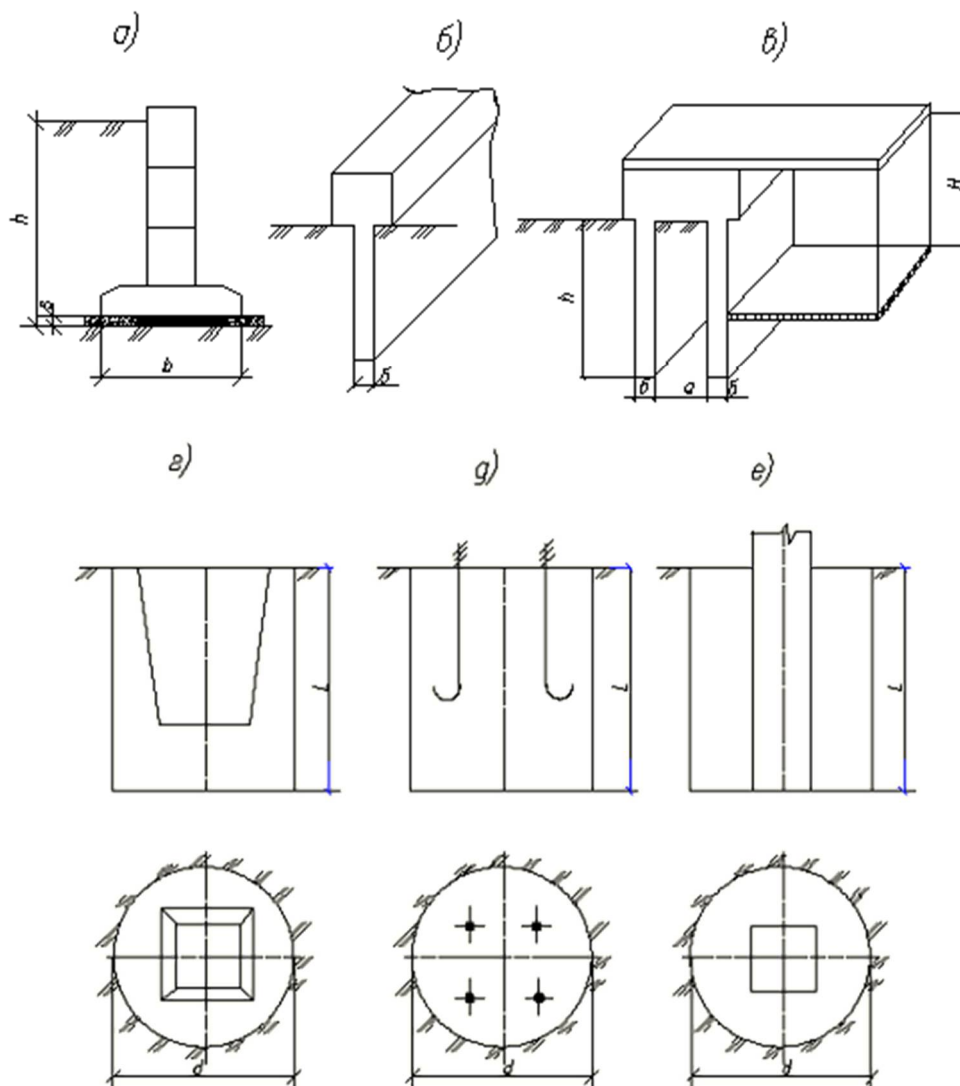


Рис. 1. Эффективные конструкции фундаментов неглубокого заложения:
 a – с промежуточной подготовкой переменной жёсткости; b – однощелевой; c – двухщелевой – z , d , – круглые;
 e – железобетонная стойка, замолоченная в круглом фундаменте

К усовершенствованным фундаментам неглубокого заложения в связных маловлажных грунтах естественного сложения можно отнести также фундаменты с рабочей боковой поверхностью. Технология их устройства исключает обратную засыпку боковой поверхности, и тем самым позволяет использовать боковое трение по стенкам, чего нельзя достичь при устройстве в открытых котлованах столбчатых или ленточных фундаментов. К таким фундаментам можно отнести щелевые, круглые, шлицевые, траншейные и одноплитные.

Достаточный объём проведенных исследований **щелевых фундаментов** показал их эффективность и простоту изготовления [2, 3]. Они

представляют собой одну или две узких бетонных (железобетонных) стенок в грунте с ростверком для передачи нагрузки от надземных конструкций на стенки. Процесс устройства стенок включает нарезку баром (цепным или роторным щелерезом) узких щелей в грунте шириной 100...300 мм, глубиной от 1 до 3 м с последующим их армированием для связи с ростверком и заполнением бетонной смесью. Разработанный рыхлый и осыпавшийся грунт на дне щелей удаляется или уплотняется трамбовкой. Параметры щелевых фундаментов выбираются в зависимости от типа и конструкции надземного сооружения, значений расчётных нагрузок, инженерно-геологических условий. Применять

такие фундаменты вместо ленточных на естественном основании под здания и сооружения целесообразно при отсутствии подвалов.

Особенность работы щелевых фундаментов заключается в следующем. Нагрузка на основание при однощелевом фундаменте (рис. 1, б) кроме подошвы ростверка передаётся боковыми плоскостями и торцом стенки. В двухщелевом фундаменте (рис. 1, в) в работу включается и заключённый между стенками массив грунта, за счёт чего основная нагрузка передаётся в плоскости на уровне нижних торцов стенок. Оптимальное расстояние между стенками, соответствующее максимальной несущей способности фундамента, составляет 0,6... 1,3 м. Заключённое между стенками грунтовое ядро, стенки и ростверк можно рассматривать как бетоногрунтовый фундамент на естественном основании, по высоте равный высоте рабочих стенок. Рассматриваемые однощелевые фундаменты предназначены для одно-двухэтажных коттеджей, дач, гаражей, двухщелевые – для жилых и общественных зданий высотой до 7-ми этажей, о чём свидетельствует практика проектирования и строительства на таких фундаментах [4...6].

Технология устройства **круглых фундаментов** глубиной до 3 м, диаметром 0,6...1,2 м, аналогична технологии устройства буронабивных свай. Однако конструктивно к сваям их отнести нельзя, так как у них отношение длины (высоты) к диаметру $l/d \leq 5$, что значительно превосходит число 10, по которому конструкцию относят к категории свай. Круглые фундаменты применяются под колонны железобетонных (рис. 1, з) и металлических (рис. 1, д) каркасов лёгких сооружений (заборов, складов, мастерских, гаражей, подсобных помещений). Как пример можно привести круглые фундаменты, выполненные под неотопливаемые полносборные склады из профилированных стальных оцинкованных листов [7].

Разновидностью круглых являются фундаменты под опоры инженерных коммуникаций в виде *железобетонных стоек, монолитных в буровых скважинах* на всю их высоту [8]. От забивных свай-опор они выгодно отличаются тем, что могут рихтоваться в плане и по высоте. Достигается это тем, что скважины выбуривают большего диаметра, чем сечение опор по диагонали (рис. 1, е). В случае перебуривания скважин в них до проектной отметки забоя засыпается и утрамбовывается песчано-гравийная смесь, в результате чего образовывается малосжимаемая подушка. Полости между стенками скважин и гранями опор (стоек-колонн) за-

полняются на всю высоту бетоном и уплотняются глубинным вибратором. Таким образом, достигается высокая точность прокладки таких коммуникаций как шинопроводы, топливопроводы, теплотрассы, кабельные трассы, компенсаторные участки трубопроводов [9].

Шлицевые фундаменты устраиваются ковшем в коротких траншеях (шлицах) с овальной формой подошвы длиной до 3 м, шириной 0,4...1,0 м, глубиной заложения до 3 м. Для разработки шлицов используются экскаваторы, в том числе с зауженным ковшем. Также могут быть использованы штанговые напорные грейферы для устройства заглубленных сооружений и противодиффузионных завес способом «стена в грунте». При использовании грейфера размеры шлица в плане будут соответствовать его наружным габаритам при максимальном раскрытии челюстей. Шлам со дна шлица удаляется скребковым приспособлением, уплотняется плоской частью ковша или сомкнутым грейфером путём создания максимального давления на забой шлица. Шлиц бетонируется враспор (без опалубки) одновременно с выполнением гнезда (рис. 2, а) или стакана (рис. 2, б). Шлицевые фундаменты наиболее рациональны при значительных наклонных, моментных и горизонтальных нагрузках. Поэтому их лучше всего использовать под сельскохозяйственные здания из трёхшарнирных рам, а также под промышленные здания вспомогательного назначения каркасного типа с металлическим или железобетонным каркасом [10, 11].

Траншейные фундаменты бетонируются в траншеях шириной 0,3 ...1,2 м и вертикальными стенками глубиной до 3 м различной конфигурации в плане: крестовые, тавровые, двутавровые (рис. 2, в). Вертикальность стенок фигурных конструкций обеспечивается обрамлением фундамента в плане узкими щелями баровым рабочим органом, особенно в мёрзлых и прочных грунтах. Технология устройства таких фундаментов аналогична технологии устройства шлицевых фундаментов. Например (рис. 2, з), под стальные осветительные мачты высотой 28 м в мёрзлых грунтах были применены траншейные фундаменты размерами в плане 5×4 м сложной конфигурации с шириной траншеи 0,6 м и глубиной 2,0 м [12]. Аналогичные фундаменты, но уже шириной 1,2 м и высотой 3,0 м (в грунте 2,5 м) с устройством стаканов использовались под железобетонные опоры сечением 40×40 см эстакады трубопроводов реконструируемого цеха галлия Павлодарского алюминиево-глинозёмного завода [13].

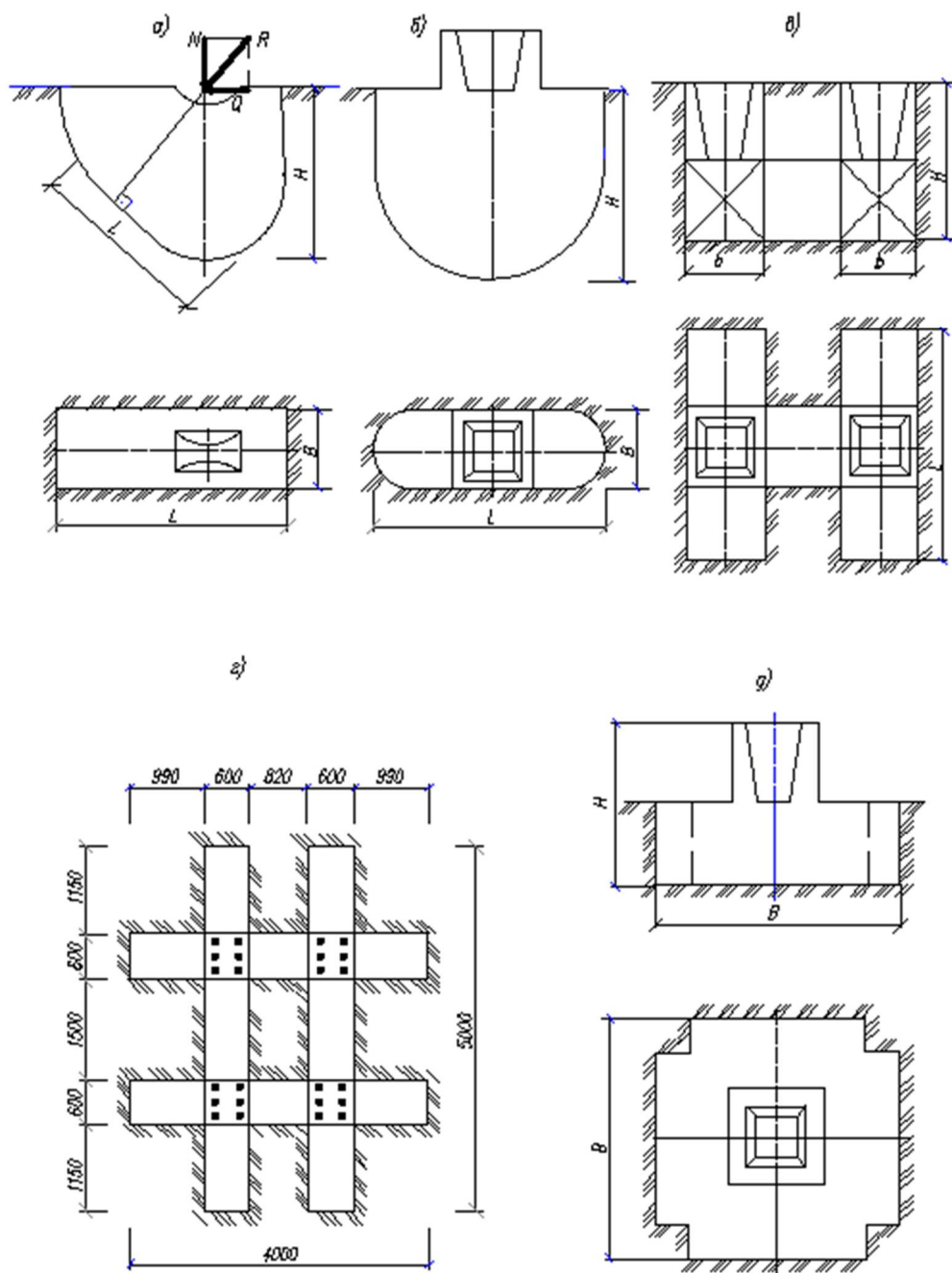


Рис. 2. Эффективные конструкции фундаментов неглубокого заложения с рабочей боковой поверхностью: *a* – шлицевой фундамент под трёхшарнирную раму; *б* – то же под железобетонную колонну; *в* – траншейный фундамент двугавровой формы; *г* – траншейный фундамент под осветительную мачту; *д* – одноплитный под железобетонную колонну

Усовершенствованной конструкцией столбчатых фундаментов на естественном основании являются **одноплитные фундаменты** (рис. 2, д). Их суть состоит в нарезке приямка прямоугольной или квадратной формы, с вырезами или срезами глубиной равной высоте плиты. Дно подчищается вручную, после чего приямок (плита) армируется и бетонируется. Вырезы и срезы в плитах делаются с целью сокращения расхода материала и уменьшения концен-

трации напряжений в грунтах основания. Для обеспечения арочного эффекта в местах прямоугольных вырезов их площадь не должна превышать 15...20 % площади плиты [14].

Выводы. Приведенные конструкции фундаментов до настоящего времени нормально эксплуатируются, что позволяет сделать вывод о их надёжности. Опробированную методику расчёта несущей способности рабочей боковой поверхности фундаментов неглубокого заложения

можно рекомендовать к применению с дальнейшим усовершенствованием. Суть её заключается в следующем [6]:

Нагрузку, воспринимаемую боковыми поверхностями описанных конструкций фундаментов, можно определить по формуле

$$T = m \sum m_f u_i f_i l_i,$$

где m – коэффициент работы бетонной поверхности фундамента в грунте, принимаемый равным 0,9; m_f – коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности фундамента,

принимаемый для суглинков и супесей равным 0,7; для глин – 0,6 при устройстве фундаментов в летний период 0,5 и соответственно 0,4 – в зимний; u_i – периметр поперечного сечения фундамента или щелевой стенки (траншеи) на глубине h_i , м; l_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью фундамента (стенки, траншеи), м; f_i – расчётное сопротивление i -го слоя грунта по боковой поверхности фундамента, определяемое по табл. 1.

Таблица 1

Расчётное сопротивление грунта по боковой поверхности фундамента

Глубина расположения слоя грунта от планировочной отметки h_i , м	Расчётное сопротивление грунта по боковой бетонной поверхности фундамента f_i , кПа, при показателе текучести грунта I_L , равном					
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,5	50	40	30	20	12	9
1,0	60	48	35	23	15	12
1,5	65	52	38	26	18	15
2,0	70	56	42	30	21	17
2,5	73	59	45	32	23	18
3,0	76	62	48	53	25	20

Примечания: 1. При определении расчётного сопротивления грунта по боковой поверхности фундамента f_i пласты грунта следует расчленять на однородные слои толщиной не более 0,5 м.

2. Для промежуточных значений показателя текучести грунта I_L , значения f_i следует определять интерполяцией.

3. Значения f_i необходимо принимать с учётом прогноза изменения I_L в процессе эксплуатации здания или сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Детков Н. З., Грицай Ю П., Рыбников А. М. Фундаменты с промежуточной подготовкой под жилые дома / Устройство оснований и фундаментов в региональных грунтовых условиях Казахстана: тезисы докладов республиканского совещания // Респ. правление ВНТО Стройиндустрии (Алма-Ата 24-26 мая 1989 г.), Алма-Ата: Изд-во Казстройтехпроект, 1989. С. 24-25.

2. Сорочан Е. А., Пивень В. Г., Рыбников А. М. Монолитные фундаменты с рабочей боковой поверхностью // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1991. № 3. С. 2-3.

3. Кадыров А. С., Рыбников А. М. Монолитные ленточные фундаменты с рабочей боковой поверхностью // Жилищное строительство. 1991. № 6. С. 17-18.

4. Сорочан Е. А., Пивень В. Г., Рыбников А. М., Журавлёв В. В. Опыт устройства ленточных фундаментов // Жилищное строительство. 1990. № 4. С. 23-25.

5. Рыбников А. М. Одно-и двухщелевые монолитные ленточные фундаменты неглубокого заложения // Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 3. 4с.

6. Республиканские строительные нормы. РСН Каз.ССР 50-89. Расчёт, проектирование и

устройство монолитных одно-и двухщелевых ленточных фундаментов неглубокого заложения // Алма-Ата: Госстрой Каз.ССР. 1989. 33 с.

7. Рыбников А. М. Круглые фундаменты под неотапливаемые полносборные склады // Информационный листок. Серия: Сельское строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 90-122. 4 с.

8. Рыбников А.М. Бесфундаментные опоры инженерных коммуникаций // Экспресс-информация. Серия: Организация и технология строительства/ М.: ЦБНТИ Минуралсибстроя. 1988. Вып. 3. С. 12-17.

9. Воробьёв А.Н., Петров В.Н., Рыбников А.М., Першин В.Г. Прогрессивные фундаменты и заглубленные сооружения в тресте Павлодар-промстрой // Промышленное строительство. 1990. № 10. С. 30-32.

10. Рыбников А.М. Шлицевые фундаменты // Экспресс-информация. Серия: Сельское строительство/ Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 2. 6 с.

11 Рыбников А. М. Шлицевые фундаменты // Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 6. 7 с.

12. Рыбников А. М. Траншейный фундамент под осветительную 28-метровую мачту // Информационный листок. Серия: Промышлен-

ное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 90-42. 3 с.

13. Рыбников А. М. Применение траншейных фундаментов под опоры эстакады трубопроводов // Информационный листок. Серия: Промышленное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1988. № 88-120. 3 с.

14. Рыбников А. М. Одноплитные фундаменты с рабочей боковой поверхностью плиты // Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство / Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС, 1990. № 5. 5 с.

Rybnikov A.M. Rybnikova I.A.

EMPLOYMENT OF EFFECTIVE SHALLOY SPREAD FOOTINGS

One of the prospective direction in foundation engineering is perfection of shallow spread footing constructions. The use of working side surface both of strip and single foundations is also economical. Such shallow foundations in cohesive semi dry soils of natural structure are slot, round, slit, Vtrench and one-slab foundations. Technology of these foundations eliminates backfilling of lateral surface. It allows to use lateral friction on their walls which cannot be achieved by building in open foundation pits and of intermediate layer of variable stiffness in strip foundations proved to be effective. The use of pier and strip foundations. All these constructions have been studied, calculated and projected. They have been implemented on real objects and are being operated for a long time.

Key words: *intermediate layer of variable stiffness, slot foundations, round foundations, slit foundations, trench foundations, slab foundations.*