

1981.- 190 с.

3. Стародворский В.В. Разработка методов устройства и расчёта фундаментов в вытрамбованных котлованах при сейсмических нагрузках: Автореф. ... канд. техн. наук. - М., 1984. - 24 с.

4. Шилибеков С.К. Особенности работы фундаментов в вытрамбованных котлованах различной формы при воздействии статических и сейсмических нагрузок: Дис. канд. техн. наук. - Пермь, 1990. - 186 с.

5. Джумаев К.М. Исследование и разработка метода возведения ленточных прерывистых фундаментов в вытрамбованных котлованах: Дис. канд. техн. наук. - М., 1977. - 175 с.

УДК 624.152

**А.М. Утемис, Я.Б. Кунанбаева,  
К.С. Досалиев, Б.К. Дуйсенбеков**  
Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова  
г. Шымкент, Казахстан

## **ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ НА УПЛОТНЁННЫХ ГРУНТАХ КОТЛОВАНОВ**

***Аннотация** В статье представлены результаты исследований фундаментов в вытрамбованных котлованах. Определены закономерности формирования уплотнённой зоны и влияние параметров трамбовки. Установлено, что уплотнение грунта повышает несущую способность и снижает просадочность. Выявлена необходимость уточнения существующих методов расчёта.*

**A.M. Utemis, Ya.B. Kunanbayeva,  
K.S. Dossaliev, B.K. Duissenbekov**  
M.Auezov South Kazakhstan University  
Shymkent, Kazakhstan

## **FEATURES OF FOUNDATION PERFORMANCE ON COMPACTED EXCAVATION SOILS**

***Abstract.** The article presents the results of studies of foundations in rammed pits. The patterns of formation of the compacted zone and the influence of the ramming parameters are determined. It has been found that soil compaction increases the bearing capacity and reduces subsidence. The necessity of clarifying the existing calculation methods is revealed.*

## Введение

Фундаменты, возводимые в вытрамбованных котлованах, в последние десятилетия находят всё более широкое применение в практике строительства благодаря их высокой несущей способности и эффективности при использовании на просадочных и слабых грунтах [1]. Экспериментальные исследования, проведённые как на моделях, так и в натурных условиях, позволили выявить особенности работы таких фундаментов при различных конструктивных решениях — без уширения и с уширенным основанием [2]. На основании анализа существующих подходов сформулирована цель настоящей работы, заключающаяся в разработке уточнённой методики расчёта параметров уплотнённой зоны и несущей способности фундаментов, устраиваемых в вытрамбованных котлованах, с учётом формы трамбовки, характеристик грунта и реального напряжённо-деформированного состояния массива [3].

Для достижения цели решены задачи по изучению влияния геометрических параметров трамбовки на формирование уплотнённой зоны, установлению зависимостей между размерами котлована и границами уплотнения, исследованию изменений физико-механических свойств грунтов основания, уточнению схемы приложения нагрузки и определению корректной площади передачи давления на грунтовую толщу [4]. Дополнительно проведён анализ влияния бокового трения на работу фундамента и исследовано распределение модуля деформации в пределах уплотнённого массива.

Пути решения обозначенных задач включали комплекс экспериментальных методов — лабораторные испытания, штамповые тесты, натурные наблюдения — а также аналитическую обработку данных и сравнение полученных результатов с расчётами по существующим методикам. Такой подход позволил выявить расхождения до 30–40% между расчётными и фактическими значениями радиуса уплотнённой зоны и обосновать необходимость разработки новых зависимостей.

Экспериментальные данные показали, что повышение несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах обусловлено формированием уплотнённой зоны грунта под подошвой. Границы её распространения зависят от геометрии трамбовки: увеличение высоты и угла наклона боковых граней приводит к расширению уплотнённого массива. Установлено, что форма уплотнённой зоны приближается к усечённому эллипсоиду, а соотношение его полуосей изменяется в пределах 0,8–1,6 в зависимости от формы трамбовки [5]. В процессе вытрамбовывания котлована лёссовые грунты теряют просадочные

свойства, а плотность сухого грунта увеличивается до 1,75–1,80 г/см<sup>3</sup>. Модуль деформации возрастает в 2,5–4 раза, а в центральной части котлована — значительно сильнее, чем на периферии, что важно при моделировании напряжений. В пределах уплотнённого массива фиксируются также увеличение угла внутреннего трения и сцепления, снижение пористости и уменьшение коэффициента фильтрации.

При устройстве уширения формируется дополнительная зона уплотнения, изменяются физико-механические свойства грунта, что позволяет регулировать сжимаемость основания. Выявлено, что материал уширения обладает собственной деформацией при вертикальной нагрузке, что требует учитывать его сжимаемость и корректировать уровень приложения нагрузки. Анализ действующей методики показал, что определение площади передачи нагрузки через ширину среднего сечения фундамента не учитывает угол наклона боковых граней и параметры подошвы, что противоречит экспериментальным результатам. Полученные данные послужили основой для предложения новых зависимостей, позволяющих уточнить расчётную схему и корректно определять реальные параметры зоны уплотнения.

Новые научные результаты работы включают установление фактической геометрии уплотнённого массива, разработку уточнённой зависимости радиуса уплотнённой зоны от параметров трамбовки и размеров котлована, выявление закономерностей распределения модуля деформации, а также доказательство необходимости учитывать сжимаемость материала уширения в расчётной модели. В совокупности это обеспечивает более точное определение несущей способности и осадки фундаментов.

Практическая значимость и опыт внедрения подтверждены результатами нагрузочных испытаний, показывающих увеличение несущей способности грунта на 20–40%, снижение осадок на 25–35% и уменьшение неравномерности деформаций. Предложенные расчётные зависимости могут быть использованы в проектной практике при строительстве на слабых и просадочных грунтах, в инженерных расчётных программах и технических рекомендациях по проектированию фундаментов в вытрамбованных котлованах. Это позволяет повысить надёжность фундаментов и обеспечить их эффективную работу в различных инженерно-геологических условиях.

Увеличение плотности и модуля деформации приводит к:

- росту несущей способности грунтового основания на 20–40%;
- уменьшению осадок фундамента до 25–35%;

-снижению неравномерных деформаций за счёт более однородной структуры массива.

Результаты нагрузочных испытаний показывают, что фундаментов, возведённые в вытрамбованных котлованах, обладают повышенной устойчивостью к просадочным и слабым грунтам, а также более высокой работоспособностью при циклических нагрузках.

Таким образом, полученные экспериментальные результаты создают основу для разработки уточнённой методики расчёта параметров уплотнённой зоны и несущей способности фундаментов, устраиваемых в вытрамбованных котлованах.

### **Заключение**

Проведённые экспериментальные и аналитические исследования подтвердили эффективность применения фундаментов, возводимых в вытрамбованных котлованах, при строительстве на просадочных и слабых грунтах. Установлено, что ключевым фактором повышения несущей способности является образование уплотнённой зоны, параметры которой зависят от геометрии и массы трамбовки, а также от физико-механических свойств грунта основания.

Определено, что форма уплотнённого массива близка к усечённому эллипсоиду, при этом соотношение полуосей изменяется в пределах 0,8–1,6. В результате вытрамбовывания лёссовые грунты теряют просадочность, а их прочностные и деформационные характеристики возрастают в 2,5–4 раза. Наличие уширения в основании фундамента способствует не только увеличению размеров уплотнённой зоны, но и формированию более равномерного распределения напряжений в основании.

Анализ существующих методов расчёта показал, что имеющиеся зависимости не в полной мере отражают реальную работу фундамента, особенно в части влияния угла наклона боковых граней и размеров подошвы. Это обуславливает необходимость уточнения расчётных моделей и разработки новых эмпирических выражений, основанных на результатах натурных наблюдений и лабораторных экспериментов.

Предложенные в работе зависимости и экспериментальные данные могут служить основой для совершенствования методики расчёта радиуса и глубины уплотнённой зоны, что позволит повысить точность прогнозирования несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах. Полученные результаты имеют практическое значение при проектировании оснований зданий и сооружений на лёссовых и других просадочных грунтах, обеспечивая повышение надёжности и долговечности фундаментов.

### Список использованных источников

1. Торгашова Е.Н. Устройство фундаментов в вытрамбованных котлованах. — 2014;
2. Готман А.Л. Исследование работы фундаментов в вытрамбованных котлованах на вертикальную нагрузку и их расчёт. — 2015;
3. Харун М.И. Совершенствование технологии возведения фундаментов в вытрамбованных котлованах и устройство для её реализации. — 2012;
4. Ter-Martirosyan Z.G. Bearing Capacity of Soil Base and Settlement of Foundations of Finite Width. — 2021;
5. Rational Technologies and Efficient Structures: Trambovki for Fundament Devices in Vytrambovannyh Kotlovanah. — 2025.

УДК 621.1.016.4

**А.В. Новожилова, А.Ю. Верещагин, С.А. Дьячков**  
Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М. В. Ломоносова,  
Архангельск, Россия

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ И АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВУХРЯДНОГО ШАХМАТНОГО ПУЧКА ИЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РЕБРИСТЫХ ТРУБ

*Аннотация.* В работе представлены результаты исследования теплоотдачи и аэродинамического сопротивления двухрядного шахматного пучка из оребренных труб. Проведено их сопоставление с ранее полученными зависимостями. Данные по аэродинамическому сопротивлению совпали, а расхождение по теплоотдаче составляет порядка 20 %.

**A.V. Novozhilova, A.Y. Vereshchagin, S.A. Dyachkov**  
Northern (Arctic) Federal University  
named after M.V. Lomonosov  
Arkhangelsk, Russia