

УДК 624.154

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТРАМБОВОК ДЛЯ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В ВЫТРАМБОВАННЫХ КОТЛОВАНАХ

В. П. Чернюк¹, В. И. Юськович², Е. И. Шляхова³

¹ К. т. н., доцент, доцент кафедры технологии строительного производства УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: tsp1@bstu.by

² К. т. н., доцент, заведующий кафедрой технологии строительного производства УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: yuskovich_vitaly@mail.ru

³ Старший преподаватель кафедры технологии строительного производства УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: tsp1@bstu.by

Реферат

Метод устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах весьма эффективен, так как позволяет сократить объемы подготовительных и земляных работ, полностью исключить опалубочные, распалубочные и гидроизоляционные работы, обратную засыпку пазух фундаментов и уплотнение грунта в них, повысить в несколько раз несущую способность фундаментов по грунту основания, полностью механизировать весь процесс устройства таких фундаментов, увеличить производительность труда, сэкономить бетон, арматуру и другие материалы.

Сущность метода устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах состоит в том, что котлованы под отдельные фундаменты или траншеи не отрывают, а вытрамбовывают на необходимую глубину с последующим заполнением образованной выемки монолитным железобетоном или установкой сборных элементов.

В статье рассмотрены существующие эффективные и предлагаемые новые, на уровне авторских свидетельств и патентов на изобретения и полезные модели Российской Федерации и Республики Беларусь, конструкции прогрессивных трамбовок для вытрамбовывания котлованов, а также способы устройства самих фундаментов в вытрамбованных котлованах. Их применение позволяет повысить качество, скорость устройства и несущую способность по грунту основания фундаментов, выполняемых с применением предложенных технологических приемов и конструкций трамбовок. Это особенно актуально при строительстве в неблагоприятных природно-климатических и мерзлотно-грунтовых условиях, на слабых, заболоченных, рыхлых и сезонно-мерзлых грунтах Республики Беларусь и Российской Федерации.

Представлен метод расчета угла наклона граней трамбовки к основанию, позволяющий учитывать физико-механические свойства и другие параметры грунта еще на стадии проектирования фундаментов до начала вытрамбовывания котлованов для их устройства.

Ключевые слова: технология, вытрамбовывание, котлован, фундамент, трамбовка, угол наклона граней, расчет, грунты, свойства, параметры, изобретения, полезные модели.

RATIONAL TECHNOLOGIES AND EFFICIENT STRUCTURES OF RAMMING SYSTEMS FOR FOUNDATION CONSTRUCTION IN RAMMED PIT

V. P. Chernuk, V. I. Yuskovich, E. I. Shlyahova

Abstract

The method of constructing foundations in rammed pits is very effective, as it allows to reduce the volume of preparatory and excavation works, completely eliminate formwork, stripping and waterproofing works, backfilling of foundation sinuses and compaction of soil in them, increase the bearing capacity of foundations on the base soil several times, completely mechanize the entire process of constructing such foundations, increase labor productivity, save concrete, reinforcement and other materials.

The essence of the method of constructing foundations in rammed pits is that pits for individual foundations or trenches are not dug, but rammed to the required depth with subsequent filling of the formed excavation with monolithic reinforced concrete or installation of prefabricated elements. The article considers existing effective and proposed new, at the level of author's certificates and patents for inventions and utility models of the Russian Federation and the Republic of Belarus, designs of progressive rammers for ramming trenches, as well as methods for arranging the foundations themselves in rammed trenches. Their use allows to improve the quality, speed of construction and bearing capacity of the foundation base soil, carried out using the proposed technological methods and designs of rammers. This is especially important during construction in unfavorable natural and climatic and permafrost-soil conditions, on weak, swampy, loose and seasonally frozen soils of the Republic of Belarus and the Russian Federation.

A method is presented for calculating the angle of inclination of the rammer faces to the base, allowing to take into account the physical and mechanical properties and other parameters of the soil at the stage of designing foundations before ramming trenches for their construction.

Keywords: technology, ramming, ditch, foundation, rammer, the angle of inclination, soil, properties, parameter, invention, utility, models.

Введение

Способ устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах (ФВК) в настоящее время наиболее прогрессивен и эффективен для возведения фундаментов глубокого и мелкого заложения при строительстве зданий и сооружений различного назначения. Он достаточно широко применяется в фундаментостроении на стройках Российской Федерации, Республики Беларусь, Республики Молдова, Республики Казахстан. В Республике Беларусь применяется пока еще ограничено из-за малой изученности вопроса, информированности и отсутствия машин и механизмов для производства работ [1–4].

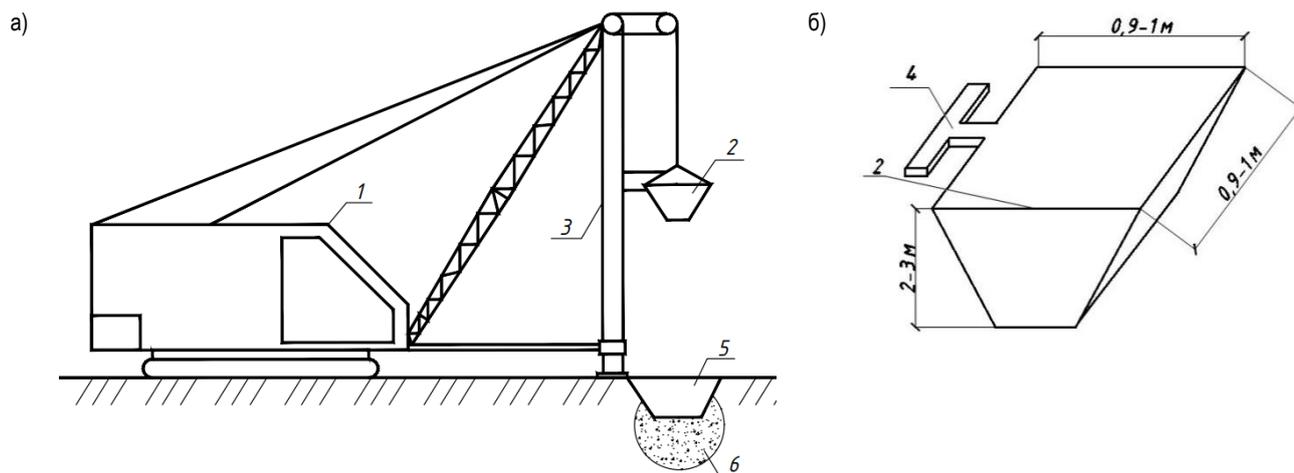
Технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах

Сущность метода устройства ФВК состоит в том, что котлованы под отдельные фундаменты или траншеи под ленточные фундамен-ты не отрываются, а вытрамбовываются на необходимую глубину с

последующим заполнением вытрамбованной выемки бетоном (бетонирование в распор), или, что реже, путем установки сборного элемента. Для повышения несущей способности фундаментов в дно вытрамбованного котлована перед бетонированием порциями втрамбовывается жесткий материал: щебень, галька, песчано-гравийная смесь [5].

Вытрамбовывание котлованов по наиболее простой схеме (рисунки 1) производят путем сбрасывания трамбовки по направляющей штанге с высоты 4–8 м.

Масса трамбовки может составлять 5...10 т и более. Для вытрамбовывания котлованов под отдельные столбчатые фундаменты без уширенного основания глубиной до 1 м требуется 10...16 ударов трамбовки в течение 2...4 минут, а для устройства котлованов глубиной около 3 м с уширенным основанием, то есть с учетом втрамбовывания в дно жесткого материала необходимо около 40...60 ударов трамбовки, что составляет 10...20 минут работы установки [6, 7].



1 – базовая машина (например, экскаватор, кран); 2 – трамбовка; 3 – направляющая штанга; 4 – каретка; 5 – вытрамбовываемый котлован; 6 – ядро из жесткого материала и уплотненного грунта

Рисунок 1 – Схема вытрамбовывания котлованов для устройства фундаментов (а) и типовая конструкция трамбовки (б)

Авторами предложено более эффективное устройство для вытрамбовывания котлованов (патент Респ. Беларусь на полезную модель (ПМ) № 1998), в котором в верхней части направляющей штанги – вокруг неё смонтирована пружина сжатия, сжимающаяся при подъёме трамбовки вверх с помощью троса базового механизма и выстреливающая трамбовку при её падении вниз, что придает ей дополнительную энергию падения для более эффективного вытрамбовывания котлована.

Метод устройства ФВК весьма эффективен, так как позволяет сократить объемы земляных работ, полностью исключить опалубочные и распалубочные работы, обратную засыпку пазух, повысить в 2–3 раза несущую способность фундамента по грунту основания, полностью механизировать сам процесс устройства ФВК, повысить производительность труда, экономить бетон, арматуру и т. д. [8–12].

Вытрамбованный до проектной отметки котлован заполняется бетонной смесью. Верхняя часть фундамента выполняется различной формы в зависимости от типа сопряжения фундамента с надфундаментными конструкциями (плоская, со стаканом под колонну, с пазами для укладки фундаментных балок и др.).

Фундаменты зданий и сооружений в вытрамбованных котлованах можно устраивать двумя способами: путем вытрамбовывания грунта котлована за счет уплотнения на требуемую глубину заложения фундаментов механической трамбовкой, после чего производится устройство фундамента (первый способ), а также путем устройства фундаментов с уширенным основанием или ядром. Вначале вытрамбовывают котлован на глубину 2–3 м, а затем в образованный котлован (ложе) отдельными порциями отсыпают щебень, гравий, крупный песок или другой жесткий материал и производят его уплотнение механическими трамбовками (второй способ). Имеются также и другие варианты устройства ФВК [13–17].

Первый способ рекомендуется применять при строительстве на просадочных грунтах, в сейсмических районах при нагрузке на фундамент 400–2000 кН, второй – при нагрузках более 2000 кН. Накоплен опыт возведения при нагрузках на фундамент до 8000 кН. Максимальный эффект может быть получен при использовании мобильного оборудования для вытрамбовывания котлованов, приготовления, подачи и укладки бетонной смеси. При этом гусеничные экскаваторы недостаточно эффективны. Значительную сложность представляет их переброска с объекта на объект, особенно при больших расстояниях между ними.

Для вытрамбовывания котлованов под фундаменты, воспринимающих нагрузки до 2000 кН, целесообразно использовать краны на автомобильном, пневматическом или специальном шасси как более мобильные. При нагрузках 1000 кН и более иногда вытрамбовывают не один большой, а несколько мелких котлованов, а общая работа фундамента обеспечивается за счет устройства ростверка, сборного или монолитного.

Что же касается трамбовок, то авторами предложено значительное количество разнообразных конструкций и технических решений, более эффективных и производительных по сравнению с существующими. Все они защищены авторскими свидетельствами (а. с.) СССР и патентами на изобретения/полезные модели (ПМ) Российской Федерации и Республики Беларусь.

Прогрессивные конструкции трамбовок для устройства ФВК

Эффективны крестообразные в плане фундаменты ФВК, обладающие повышенной несущей способностью на действия вертикальных, а также горизонтальных нагрузок, низкой металло- и материалоемкостью. Для их образования используются крестообразные трамбовки. Однако образование крестообразных фундаментов такими трамбовками малоэффективно из-за снижения качества вытрамбовки и срыва грунта, в частности во внутренних углах трамбовки по причине его обрушения. Технологический процесс характеризуется повышенной энерго- и материалоемкостью устройства фундамента.

В этом случае для образования крестообразных ФВК более надежны, просты, практичны и экономичны прямоугольные в плане трамбовки с двумя каретками, расположенными на смежных гранях трамбовки (а. с. СССР № 1807168). Это позволяет путём разовой замены кареток в направляющей штанге базовой машины производить вытрамбовывание крестообразных котлованов, вначале – вдоль одной оси, затем – вдоль другой.

Такие же крестообразные котлованы могут быть вытрамбованы с помощью специальной прямоугольной трамбовки (патент Респ. Беларусь на ПМ № 1998), выполненной в виде усеченной прямоугольной пирамиды, с возможностью ее вращения относительно каретки посредством болтового соединения. Это позволяет путем поворота трамбовки относительно каретки на 90° вытрамбовывать крестообразные котлованы, которые не могут быть образованы обычными трамбовками.

Трамбовки, выполненные согласно патентам на изобретения Российской Федерации № 2016960 и Республики Беларусь № 4658 содержат взаимно разворачивающиеся верхнюю и нижнюю плиты прямоугольного или квадратного сечения, соединенные между собой болтовым соединением с возможностью их вращения. Это позволяет образовывать котлованы, а затем и фундаменты, звездообразной или иной сложной формы высокой несущей способности и обладающие теми же достоинствами, что крестообразные. Эту же цель преследует и трамбовка (по патенту Республики Беларусь на ПМ № 2529), у которой не две, а одна каретка.

Известно применение воды для смазки стенок котлована при вытрамбовке. При наличии сыпучих и маловлажных грунтов с целью повышения эффективности и качества вытрамбовывания котлованов успешно могут быть использованы трамбовки, позволяющие

подавать воду самотёком или под давлением к боковым граням трамбовки (а. с. СССР № 1794992). Это уменьшает энергоёмкость извлечения трамбовки из грунта, снижает силу сцепления трамбовки с грунтом, повышает качество вытрамбовки, уменьшает грузоподъёмность крана для извлечения трамбовки из грунта.

Для повышения качества уплотнения грунта и снижения сопротивления воздуха трамбовка может снабжаться подпружиненным поршнем и цилиндром с отверстиями для выхода воздуха в атмосферу (а. с. СССР № 1765298). Это позволяет увеличить время действия развивающихся в грунте напряжений и удалять воздух из пор грунта.

Повышение к. п. д. удара трамбовки достигается при её исполнении из двух частей (верхней и нижней плит) разной массы (верхняя тяжелее нижней в 3–4 раза) – патент Республики Беларусь на ПМ № 9780. При этом поднимается вверх только верхняя плита и она же, падая, ударяет по нижней. Благодаря различной массе частей, повышается к. п. д. вытрамбовки и снижается общая масса трамбовки.

К другим полезным разработкам можно отнести технические решения согласно патентам Респ. Беларусь на изобретения № 6653 и ПМ № 1104, № 2031.

Расчет угла наклона граней трамбовки к основанию

Для эффективного и минимально энергоёмкого производства работ по вытрамбовке котлованов необходимо решение важной технологической задачи – определить теоретическим путём оптимальную величину наклона граней трамбовки к основанию [6, 18, 19].

При определении рациональной формы трамбовки следует исходить из того, что устойчивость грунта при вытрамбовывании стенок котлована существенно повышается с увеличением угла наклона к вертикали стенок котлована и приближении его формы в плане к окружности. Кроме того, в этом случае устойчивость грунта повышается также вследствие того, что при большом наклоне граней трамбовки достигается больший эффект уплотнения как по размерам уплотнённой зоны, так и плотности грунта в ней. Однако при чрезмерном увеличении наклона граней трамбовки несущая способность фундамента хотя и возрастает, но при этом более интенсивно увеличивается объём котлована, а следовательно, и расход бетона на изготовление фундамента (рисунок 2). Получается, что чрезмерное увеличение наклона граней трамбовки малоэффективно.

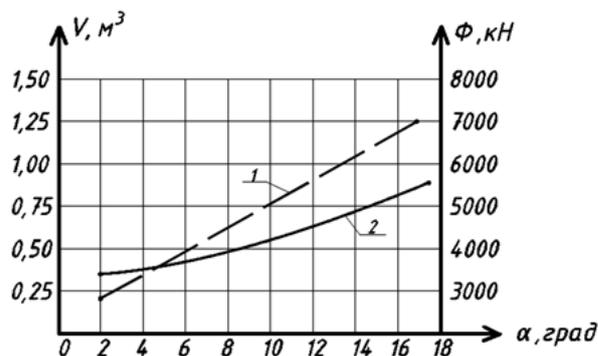


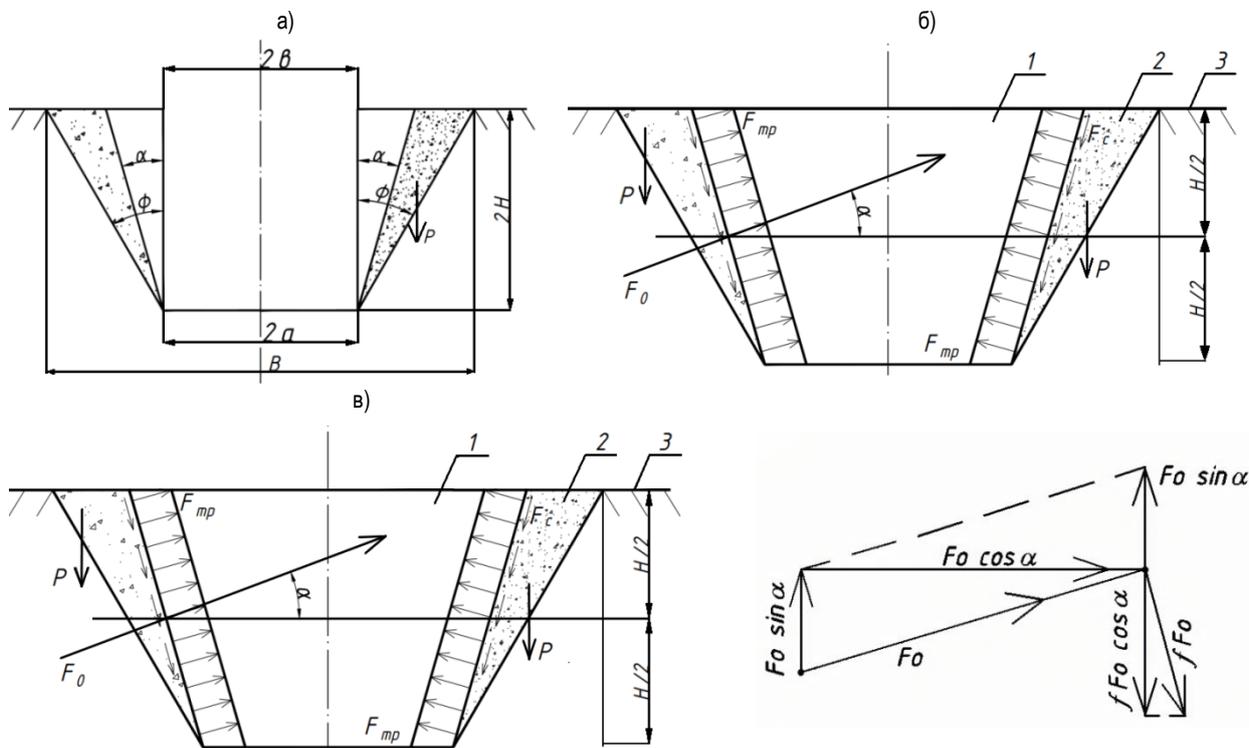
Рисунок 2 – Графики зависимости объема бетона $V(1)$ и несущей способности $\Phi(2)$ вытрамбованного котлована трамбовкой с размерами верхнего основания $1,25 \times 1,25$ м, нижнего 1×1 м, высотой $1,3$ м в плотных песчаных грунтах от угла наклона граней трамбовки к основанию α .

С другой стороны, при уменьшении наклона граней трамбовки возникает опасность обрушения стенок котлована при извлечении трамбовки.

С целью определения оптимального наклона граней трамбовки для упрощения постановки задачи и последующего её решения примем следующие допущения:

- во-первых, грунт в пределах котлована относительно однородный, однослойный, что вполне допустимо, так как глубина вытрамбовки фундамента невелика и редко превышает $2,5\text{--}3$ м;
- во-вторых, с точки зрения максимальной эффективности уплотнения грунта вокруг котлована, примем саму трамбовку в виде усечённого конуса, ориентированного вниз меньшим основанием, что позволяет с небольшой долей погрешности, перейти на эффективные шести-, восьми-, двенадцати и др. многогранные трамбовки.

Исходя из этих предпосылок, установим рациональную величину угла наклона граней трамбовки α , при котором грунт стенок котлована не будет срываться или обрушаться. Для этого необходимо выполнение двух условий (рисунок 3).



1 – трамбовка; 2 – призма обрушения; 3 – грунт

Рисунок 3 – Схема к определению угла наклона граней трамбовки α (а) и распределения сил по граням трамбовки (б, в)

1. Вертикальная составляющая отпора грунта F_0 должна быть больше вертикальной составляющей силы трения грунта с трамбовкой $F_{тр}$, то есть $F_0 \cdot \sin \alpha \geq f \cdot F_0 \cdot \cos \alpha$ (рисунок 3 "б, в"), где f – коэффициент трения грунта о трамбовку.

Решая приведенное неравенство относительно α , будем иметь:

$$\alpha \geq \arctg f. \quad (1)$$

2. Вертикальная составляющая силы сцепления грунта с трамбовкой F_c не должна превышать силу тяжести грунта P , заключенного в объем конуса обрушения, иначе он будет вынут из выемки вместе с трамбовкой на дневную поверхность и в грунте образуется невытрамбованный котлован, а выемка:

$$F_c \cdot \cos \alpha \leq P, \quad (2)$$

где F_c – сила сцепления грунта с трамбовкой, кН;

P – сила тяжести грунта конуса обрушения, кН;

$$F_c = S_b \cdot \tau_c,$$

где S_b – площадь боковой поверхности трамбовки (сцепления грунта с трамбовкой), м²;

τ_c – расчетное сцепление грунта с материалом боковой поверхности трамбовки (принимается по нормативным данным, например, таблица 39 [20], кПа.

$$S_b = \pi l \cdot (b + a),$$

где b – радиус верхнего основания трамбовки, м;

a – радиус нижнего основания трамбовки, м;

l – образующая трамбовки (конуса), м.

Из рисунка 3а: $b = a + H \operatorname{tg} \alpha$, $l = \frac{H}{\cos \alpha}$, где H – высота трамбовки, м.

Поэтому: $S_b = \frac{\pi H}{\cos \alpha} (2a + H \operatorname{tg} \alpha)$, соответственно

$$F_c = \frac{\pi H}{\cos \alpha} (2a + H \operatorname{tg} \alpha) \tau_c, \quad (3)$$

$$P = V \cdot \rho \cdot g,$$

где V – объем усеченного конуса (призмы обрушения), м³;

ρ – плотность грунта, т/м³;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

$$V = \frac{\pi H}{3} (B^2 + a^2 + aB) = \frac{\pi H}{3} [(a + H \operatorname{tg} \varphi)^2 + a^2 + 2a(a + H \operatorname{tg} \varphi)] =$$

$$= \frac{\pi H}{3} (3a^2 + 3aH \operatorname{tg} \varphi + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi).$$

$$\text{Соответственно, } P = \frac{\pi H}{3} \rho g (3a^2 + 3aH \operatorname{tg} \varphi + H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi). \quad (4)$$

Учитывая, что a намного меньше H ($a \approx 0,1 - 0,2$ м, а $H = 2 - 3$ м), то есть $a \ll H$, то можно принять $a = 0$ и упростить выражения (3) и (4):

$$F_c = \frac{\pi H^2}{\cos \alpha} \tau_c \operatorname{tg} \alpha, \quad (5)$$

$$P = \frac{\pi H}{3} \rho g H^2 \operatorname{tg}^2 \varphi. \quad (6)$$

Подставляя полученные значения F_c и P из выражений (5), (6) в выражение (2), получим:

$$\tau_c \cdot \operatorname{tg} \alpha \leq \frac{\rho g H \operatorname{tg}^2 \varphi}{3}, \quad (7)$$

$$\text{Откуда } \alpha = \arctg \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi}{3 \cdot \tau_c}. \quad (8)$$

Таким образом, оптимальные значения углов наклона граней трамбовки α должны быть в пределах

$$\arctg f \leq \alpha \leq \arctg \frac{\rho g H \operatorname{tg}^2 \varphi}{3 \tau_c}. \quad (9)$$

В качестве примера расчета определим оптимальный угол наклона граней α реальной трамбовки высотой $H = 3$ м при следующих грунтовых условиях: грунт – песок мелкий, при $e = 0,5$; $c = 4$ кПа; $E_0 = 30$ мПа, имеем $\varphi = 37^\circ$; $f = 0,15$; $\rho = 1,6 \text{ Т/м}^3$; $\tau_c = 40$ кПа [20].

$$\alpha_{\min} = \arctg f = \arctg 0,15 = 5^\circ 40';$$

$$\alpha_{\max} = \arctg \frac{\rho \rho H \operatorname{tg}^2 \varphi}{3 \tau_c} = \arctg \frac{1,6 \cdot 9,8 \cdot 3 \cdot \operatorname{tg}^2 37^\circ}{3 \cdot 40}$$

$$\arctg 0,22 = 12^\circ 30'.$$

Таким образом, оптимальный угол α изменяется в пределах $5^\circ 40' - 12^\circ 30'$.

Заключение

Расчеты, выполненные по выражению (9), показывают, что оптимальные значения углов наклона граней трамбовок к основанию могут меняться в пределах от 5° до 12° . В трамбовках, применявшихся в фундаментостроении Российской Федерации, Республики Беларусь, Республики Молдова, Республики Казахстан, угол наклона граней трамбовок изменяется в широком диапазоне, пределах $0^\circ \dots 20^\circ$ (от тупых до весьма острых), причём он установлен спонтанно, на основании экспертных оценок.

В предлагаемой методике угол наклона граней трамбовок определяется на основании реальных грунтовых условий, в зависимости от конкретных физико-механических параметров грунта, таких как ρ , φ , τ_c , f , которые следует учитывать на стадии проектирования технологии устройства фундаментов.

Список цитированных источников

1. Чернюк, В. П. Расчет, проектирование и устройство свайных фундаментов / В. П. Чернюк, П. С. Пойта. – Брест : Облтипография, 1998. – 216 с.
2. Кречин, А. С. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках / А. С. Кречин, В. П. Чернюк, П. В. Шведовский [и др.]. – Кишинёв : Картя Молдовенскэ, 1990. – 247 с.
3. Чернюк, В. П. Технические средства и способы бурения скважин с уширениями в строительстве и горном деле: учебное пособие / В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова. – М. : ООО «РУСАЙНС», 2020. – 140 с.
4. Чернюк, В. П. Прогрессивные технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах / В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова // Материалы VII Международной научно-практической конференции, г. Омск, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, 24–25 ноября 2022 г. – Омск : СГАДУ, 2022. – С. 520–524.
5. Чернюк, В. П. Эффективные конструкции трамбовок для устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах / В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова // Материалы Международного научного семинара «Проблемы энергетической безопасности в различных отраслях». – Брест : БрГТУ, 2023. – С. 19–23.
6. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1981. – 56 с.
7. Эффективные конструкции фундаментов сельских зданий / Обзорная информация. – М. : ЦНИИПЭГСельстрой, 1985. – 64 с.
8. Чернюк, В. П. Производство свайных работ в особых условиях / В. П. Чернюк, П. П. Ивасюк. – Саарбрюккен : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 195 с.
9. Чернюк, В. П. Рекомендации по расчету и проектированию трамбовок при устройстве фундаментов в вытрамбованных котлованах / В. П. Чернюк, С. М. Семенов, П. В. Шведовский // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2011. – № 1. – С. 164–166.
10. Спиридонов, В. В. Рекомендации по выбору, проектированию и сооружению оснований и фундаментов газонефтепромысловых объектов в районах распространения вечномёрзлых грунтов / В. В. Спиридонов, В. Н. Пчелин, В. П. Чернюк // МНТК «Нефтеотдача». – М. : ВНИИ им. академика А.П. Крылова, 1990. – 48 с.
11. Спиридонов, В. В. Основания и фундаменты нефтегазопромысловых объектов в условиях распространения вечномёрзлых грунтов / В. В. Спиридонов, В. Н. Пчелин, В. П. Чернюк // Обзорная информация. Серия: Строительство нефтегазопромысловых объектов. – М. : ВНИИПКтехоргнефтегазстрой, 1990. – Вып. 9. – 42 с.
12. Совершенствование конструкций мелко заглубленных фундаментов в вытрамбованных котлованах в пучинистых грунтах / И. А. Азизов, П. В. Шведовский, В. П. Чернюк [и др.] // научно-технический информационный сборник: Передовой научно-производственный опыт рекомендуемый для внедрения в строительстве объектов агропромышленного комплекса. – М. : ЦНИИЭПСельстрой, 1989. – Вып. 10. – С. 19–23.
13. Жилые дома в брестской области на фундаментах в вытрамбованных котлованах / В. К. Кондратюк, П. В. Шведовский, В. П. Чернюк [и др.] // научно-технический информационный сборник: Передовой научно-производственный опыт рекомендуемый для внедрения в строительстве объектов агропромышленного комплекса. – М. : ЦНИИЭПСельстрой, 1989. – Вып. 10. – С. 24–25.

14. Определение величины наклона граней трамбовки при устройстве фундаментов в вытрамбованных котлованах / В. П. Чернюк, В. Н. Пчелин, П. В. Шведовский [и др.] // Совершенствование и внедрение фундаментов на глубоко уплотненном основании : тезисы докладов к зональной конференции, 25–26 сентября 1989 г. – Пенза : ПИСИ, 1989. – С. 63–65.
15. Чернюк, В. П. Технология строительства в особых условиях / В. П. Чернюк, В. Н. Пчелин, Н. А. Стасhevская // Курс лекций для студентов специальности 1-70 02 01 Промышленное и гражданское строительство. – Брест : БрГТУ, 2005. – С. 48–60.
16. Чернюк, В. П. Эффективные устройства для вытрамбовывания котлованов / В. П. Чернюк, В. Н. Пчелин, В. П. Щербач // Тезисы докладов XX Научно-технической конференции в рамках проблемы «Наука и мир» : в 3 ч. – Брест : БПИ, 1992. – Ч. 1. – С. 114–116.
17. Чернюк, М. В. Технология устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах / М. В. Чернюк, В. П. Чернюк, Н. А. Стасhevская // Сборник конкурсных работ студентов и аспирантов. – Брест : БГТУ, 2005. – С. 121–123.
18. Чернюк, М. В. Технологические расчеты трамбовок для устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах / М. В. Чернюк, В. П. Чернюк, Н. А. Стасhevская // Сборник конкурсных работ студентов и аспирантов. – Брест : БГТУ, 2005. – С. 123–128.
19. Рекомендации по проектированию, расчету и устройству мелкозаглубленных фундаментов в вытрамбованных (выштампованных) котлованах в пучинистых грунтах. – М. : ЦНИИЭПСельстрой, 1991. – 41 с.
20. Общетеchnический справочник / под ред. А. Н. Малова. – М. : Машиностроение, 1971. – 464 с.
21. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова. – М. : Стройиздат, 1986. – 415 с.
9. CHernyuk, V. P. Rekomendacii po raschetu i proektirovaniyu trambovok pri ustrojstve fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / V. P. CHernyuk, S. M. Semenyuk, P. V. SHvedovskij // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2011. – № 1. – С. 164–166.
10. Spiridonov, V. V. Rekomendacii po vyboru, proektirovaniyu i sooruzheniyu osnovanij i fundamentov gazoneftepromyslovykh ob'ektov v rajonah rasprostraneniya vechnomerzlykh gruntov / V. V. Spiridonov, V. N. Pchelin, V. P. CHernyuk // MNTK "Nefteotdacha". – M. : VNII im. akademika A.P. Krylova, 1990. – 48 s.
11. Spiridonov, V. V. Osnovaniya i fundamenty neftegazopromyslovykh ob'ektov v usloviyah rasprostraneniya vechnomerzlykh gruntov / V. V. Spiridonov, V. N. Pchelin, V. P. CHernyuk // Obzornaya informaciya: Seriya: Stroitel'stvo neftegazopromyslovykh ob'ektov. – M.: VNII PKtekhorgneftegazstroj, 1990. – Vyp. 9. – 42 s.
12. Sovershenstvovanie konstrukcij melko zaglublennykh fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah v puchinistykh gruntah / I. A. Azizov, P. V. SHvedovskij, V. P. CHernyuk [i dr.] // nauchno-tekhnicheskij informacionnyj sbornik: Peredovoj nauchno-proizvodstvennyj opyt rekomenduemyj dlya vnedreniya v stroitel'stve ob'ektov agropromyshlennogo kompleksa. – M. : CNIEP Sel'stroj, 1989. – Vyp. 10. – С. 19–23.
13. Zhilye doma v brestskoj oblasti na fundamentah v vytrambovannykh kotlovanah / V. K. Kondratyuk, P. V. SHvedovskij, V. P. CHernyuk [i dr.] // nauchno-tekhnicheskij informacionnyj sbornik: Peredovoj nauchno-proizvodstvennyj opyt rekomenduemyj dlya vnedreniya v stroitel'stve ob'ektov agropromyshlennogo kompleksa. – M. : CNIEP Sel'stroj, 1989. – Vyp. 10. – С. 24–25.
14. Opredelenie velichiny naklona graney trambovki pri ustrojstve fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / V. P. CHernyuk, V. N. Pchelin, P. V. SHvedovskij [i dr.] // Sovershenstvovanie i vnedrenie fundamentov na glubino uplotnenom osnovanii : tezisy dokladov k zonal'noj konferencii, 25–26 sentyabrya 1989 g. – Penza : PISI, 1989. – С. 63–65.
15. CHernyuk, V. P. Tekhnologiya stroitel'stva v osobykh usloviyah / V. P. CHernyuk, V. N. Pchelin, N. A. Stashevskaya // Kurs lekcij dlya studentov special'nosti 1-70 02 01 Promyshlennoe i grazhdanskoje stroitel'stvo. – Brest : BrGTU, 2005. – С. 48–60.
16. CHernyuk, V. P. Effektivnye ustrojstva dlya vytrambovyvaniya kotlovanov / V. P. CHernyuk, V. N. Pchelin, V. P. SHCHerbach // Tezisy dokladov HKH Nauchno-tekhnicheskoy konferencii v ramkah problemy «Nauka i mir» : v 3 ch. – Brest : BPI, 1992. – CH. 1. – С. 114–116.
17. CHernyuk, M. V. Tekhnologiya ustrojstva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / M. V. CHernyuk, E. I. SHlyahova // Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, g. Omsk, Sibirskij gosudarstvennyj avtomobil'no-dorozhnyj universitet, 24–25 noyabrya 2022 g. – Omsk : SGADU, 2022. – С. 520–524.
18. CHernyuk, V. P. Effektivnye konstrukcii trambovok dlya ustrojstva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / V. P. CHernyuk, E. I. SHlyahova // Materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo seminaru «Problemy energeticheskoy bezopasnosti v razlichnykh otraslyah». – Brest : BrGTU, 2023. – С. 19–23.
19. Rukovodstvo po proektirovaniyu i ustrojstvu fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / NIIOSP im. N. M. Gersevanova Gosstroya SSSR. – M. : Strojizdat, 1981. – 56 s.
20. Effektivnye konstrukcii fundamentov sel'skih zdaniy / Obzornaya informaciya. – M. : CNIEP Sel'stroj, 1985. – 64 s.
8. CHernyuk, V. P. Proizvodstvo svajnykh rabot v osobykh usloviyah / V. P. CHernyuk, P. P. Ivasyuk. – Saarbryukken : LAP LAMBERT AcademicPublishing, 2016. – 195 s.

References

1. CHernyuk, V. P. Raschet, proektirovanie i ustrojstvo svajnykh fundamentov / V. P. CHernyuk, P. S. Pojta. – Brest : Oblitopografiya, 1998. – 216 s.
2. Krechin, A. S. Resursosberayushchie fundamenty na sel'skih strojkah / A. S. Krechin, V. P. CHernyuk, P. V. SHvedovskij [i dr.]. – Kishinyov : Kartya Moldovenske, 1990. – 247 s.
3. CHernyuk, V. P. Tekhnicheskie sredstva i sposoby bureniya skvazhin s ushireniami v stroitel'stve i gornom dele: uchebnoe posobie / V. P. CHernyuk, E. I. SHlyahova. – M. : OOO «RUSAJNC», 2020. – 140 s.
4. CHernyuk, V. P. Progressivnye tekhnologii ustrojstva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / V. P. CHernyuk, E. I. SHlyahova // Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, g. Omsk, Sibirskij gosudarstvennyj avtomobil'no-dorozhnyj universitet, 24–25 noyabrya 2022 g. – Omsk : SGADU, 2022. – С. 520–524.
5. CHernyuk, V. P. Effektivnye konstrukcii trambovok dlya ustrojstva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / V. P. CHernyuk, E. I. SHlyahova // Materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo seminaru «Problemy energeticheskoy bezopasnosti v razlichnykh otraslyah». – Brest : BrGTU, 2023. – С. 19–23.
6. Rukovodstvo po proektirovaniyu i ustrojstvu fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / NIIOSP im. N. M. Gersevanova Gosstroya SSSR. – M. : Strojizdat, 1981. – 56 s.
7. Effektivnye konstrukcii fundamentov sel'skih zdaniy / Obzornaya informaciya. – M. : CNIEP Sel'stroj, 1985. – 64 s.
8. CHernyuk, V. P. Proizvodstvo svajnykh rabot v osobykh usloviyah / V. P. CHernyuk, P. P. Ivasyuk. – Saarbryukken : LAP LAMBERT AcademicPublishing, 2016. – 195 s.
9. CHernyuk, V. P. Rekomendacii po raschetu i proektirovaniyu trambovok pri ustrojstve fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / V. P. CHernyuk, S. M. Semenyuk, P. V. SHvedovskij // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2011. – № 1. – С. 164–166.
10. Spiridonov, V. V. Rekomendacii po vyboru, proektirovaniyu i sooruzheniyu osnovanij i fundamentov gazoneftepromyslovykh ob'ektov v rajonah rasprostraneniya vechnomerzlykh gruntov / V. V. Spiridonov, V. N. Pchelin, V. P. CHernyuk // MNTK "Nefteotdacha". – M. : VNII im. akademika A.P. Krylova, 1990. – 48 s.
11. Spiridonov, V. V. Osnovaniya i fundamenty neftegazopromyslovykh ob'ektov v usloviyah rasprostraneniya vechnomerzlykh gruntov / V. V. Spiridonov, V. N. Pchelin, V. P. CHernyuk // Obzornaya informaciya: Seriya: Stroitel'stvo neftegazopromyslovykh ob'ektov. – M.: VNII PKtekhorgneftegazstroj, 1990. – Vyp. 9. – 42 s.
12. Sovershenstvovanie konstrukcij melko zaglublennykh fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah v puchinistykh gruntah / I. A. Azizov, P. V. SHvedovskij, V. P. CHernyuk [i dr.] // nauchno-tekhnicheskij informacionnyj sbornik: Peredovoj nauchno-proizvodstvennyj opyt rekomenduemyj dlya vnedreniya v stroitel'stve ob'ektov agropromyshlennogo kompleksa. – M. : CNIEP Sel'stroj, 1989. – Vyp. 10. – С. 19–23.
13. Zhilye doma v brestskoj oblasti na fundamentah v vytrambovannykh kotlovanah / V. K. Kondratyuk, P. V. SHvedovskij, V. P. CHernyuk [i dr.] // nauchno-tekhnicheskij informacionnyj sbornik: Peredovoj nauchno-proizvodstvennyj opyt rekomenduemyj dlya vnedreniya v stroitel'stve ob'ektov agropromyshlennogo kompleksa. – M. : CNIEP Sel'stroj, 1989. – Vyp. 10. – С. 24–25.
14. Opredelenie velichiny naklona graney trambovki pri ustrojstve fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / V. P. CHernyuk, V. N. Pchelin, P. V. SHvedovskij [i dr.] // Sovershenstvovanie i vnedrenie fundamentov na glubino uplotnenom osnovanii : tezisy dokladov k zonal'noj konferencii, 25–26 sentyabrya 1989 g. – Penza : PISI, 1989. – С. 63–65.
15. CHernyuk, V. P. Tekhnologiya stroitel'stva v osobykh usloviyah / V. P. CHernyuk, V. N. Pchelin, N. A. Stashevskaya // Kurs lekcij dlya studentov special'nosti 1-70 02 01 Promyshlennoe i grazhdanskoje stroitel'stvo. – Brest : BrGTU, 2005. – С. 48–60.
16. CHernyuk, V. P. Effektivnye ustrojstva dlya vytrambovyvaniya kotlovanov / V. P. CHernyuk, V. N. Pchelin, V. P. SHCHerbach // Tezisy dokladov HKH Nauchno-tekhnicheskoy konferencii v ramkah problemy «Nauka i mir» : v 3 ch. – Brest : BPI, 1992. – CH. 1. – С. 114–116.
17. CHernyuk, M. V. Tekhnologiya ustrojstva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / M. V. CHernyuk, E. I. SHlyahova // Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, g. Omsk, Sibirskij gosudarstvennyj avtomobil'no-dorozhnyj universitet, 24–25 noyabrya 2022 g. – Omsk : SGADU, 2022. – С. 520–524.
18. CHernyuk, M. V. Tekhnologicheskie raschety trambovok dlya ustrojstva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanah / M. V. CHernyuk, E. I. SHlyahova // Materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo seminaru «Problemy energeticheskoy bezopasnosti v razlichnykh otraslyah». – Brest : BrGTU, 2023. – С. 19–23.
19. Rekomendacii po proektirovaniyu, raschetu i ustrojstvu melkozaglublennykh fundamentov v vytrambovannykh (vyshtampovannykh) kotlovanah v puchinistykh gruntah. – M. : CNIEP Sel'stroj, 1991. – 41 s.
20. Obschetekhnicheskij spravochnik / pod red. A. N. Malova. – M. : Mashinostroenie, 1971. – 464 s.
21. Posobie po proektirovaniyu osnovanij zdaniy i sooruzhenij (k SNiP 2.02.01-83) / NIIOSP im. Gersevanova. – M. : Strojizdat, 1986. – 415 s.

Материал поступил 22.03.2025, одобрен 24.03.2025, принят к публикации 27.03.2025