

МРНТИ 67.13.21

И.И. Бекбасаров<sup>1</sup> – основной автор, | ©  
Е.И. Атепов<sup>2</sup>, Н.А. Шаншабаев<sup>3</sup><sup>1</sup>Д-р техн. наук, <sup>2</sup>PhD, <sup>3</sup>Магистр, ст. преподаватель

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-3250-7853> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-2907-6610><sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-4930-0488><sup>1,2,3</sup>Таразский университет им. М.Х. Дулати

г. Тараз, Казахстан

<sup>1</sup>[ii.bekbasarov@dulaty.kz](mailto:ii.bekbasarov@dulaty.kz)<https://doi.org/10.55956/NMKV2583>

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ УВЛАЖНЕНИЯ ГРУНТА ПРИ ВЫШТАМПОВЫВАНИИ ТРАНШЕИ ПОД РОСТВЕРК МЕЖДУ СВАЯМИ

**Аннотация.** Представлены результаты исследований по разработке метода, позволяющего определить количество воды, необходимое для замачивания сухих и полусухих грунтов при их ударном уплотнении. При этом рассмотрен процесс уплотнения грунта межсвайного пространства при выштамповывании в нем траншеи под низкий монолитный ростверк ленточного однорядного свайного фундамента. Определен порядок движения воды при замачивании грунта в стесненном межсвайном пространстве. Рассмотрены два варианта задач, учитывающие возможность формирования разных форм увлажненной зоны под локальным источником замачивания. Учтены стесненные условия формирования увлажненной зоны грунта в межсвайном пространстве. На основе полученных теоретических решений выполнены сравнительные расчеты, которые позволили установить, что разница в результатах не превышает 10%. Метод рекомендован к применению с предварительным экспериментальным уточнением ряда коэффициентов, входящих в конечные формулы.

**Ключевые слова:** грунт, влажность, уплотнение, сваи, источник замачивания, увлажненная зона, уплотненная зона, траншея.



Бекбасаров, И.И. Метод определения количества воды для увлажнения грунта при выштамповывании траншеи под ростверк между сваями [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атепов, Н.А. Шаншабаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №3(89). – С.330-341. <https://doi.org/10.55956/NMKV2583>

**Введение.** Известно, что эффективное уплотнение грунтов обеспечивается при их оптимальной или близкой к ней влажности [1]. При проектировании фундаментов на уплотняемых основаниях, сложенных сухими или полусухими грунтами, актуальным является достоверное установление количества воды, необходимое для их доувлажнения с целью доведения природной влажности до оптимальной величины. Это обусловлено тем, что именно при такой влажности обеспечивается максимальное или близкое к этому уплотнение грунтов.

В области фундаментостроения разработан и применяется ряд методов, которые используются для определения количества воды, необходимого для

замачивания грунтов. В целом, все они адаптированы применительно к поверхностному уплотнению грунтов и к устройству фундаментов, изготавливаемых в вытрамбованных котлованах [2-6]. Ниже представлен краткий анализ этих методов.

В нормативно-инструктивных документах [2-5] количество воды для увлажнения грунта при вытрамбовывании котлованов под отдельно-стоящие фундаменты, предлагается устанавливать на основе формулы, позволяющей производить расчеты с учетом следующих параметров:

- плотности грунта в сухом состоянии до его уплотнения, устанавливаемой в виде осредненной величины (в пределах толщины уплотненной зоны грунта ниже дна котлована);
- оптимальной влажности грунта, соответствующей его максимальной плотности;
- природной влажности грунта, устанавливаемой в виде осредненной величины в пределах увлажненной зоны;
- плотности воды;
- толщины уплотненной зоны грунта, которая формируется ниже дна котлована при вытрамбовывании;
- площади сечения уплотненной зоны грунта на уровне ее максимальных размеров;
- коэффициента, равного 1,2, учитывающего потери воды при увлажнении.

В основу данного метода положено решение, представленное в работе [7] и полученное для условий замачивания грунтов при их поверхностном уплотнении. Метод рекомендован для расчета количества воды, необходимого для замачивания грунтов при устройстве фундаментов в вытрамбованных котлованах (далее – ФВК) без создания уплотненного уширения (из жесткого материала) в их нижней части.

Для метода характерны следующие недостатки:

1) Увлажненная зона грунта принята весьма ограниченной и равна части уплотненной зоны, залегающей ниже дна вытрамбовываемого котлована. Причем она по форме представлена в виде призмы с высотой равной высоте уплотненной зоны ниже дна котлована. Объем увлажненной зоны установлен равным объему данной призмы, что не соответствует действительности [7,8];

2) Не учтены фактическая форма увлажненной зоны, форма уплотненной зоны грунта и их размеры. Форма указанных зон грунта не соответствует форме призмы [7-11];

3) Не учтены вид и размеры источника, с которого производится замачивание грунта (отрытый котлован в виде выемки, котлован, обвалованный насыпным грунтом или огражденный досками);

4) Расчеты выполняются исходя из оптимальной влажности грунта, тогда как в процессе замачивания грунта происходит его насыщение водой, а оптимальная влажность достигается после впитывания воды грунтом и его последующего высыхания. Влажность грунта после замачивания должна быть больше оптимальной, и только в этом случае может быть сформирована ожидаемая увлажненная зона грунта. Расчеты на основе оптимальной влажности грунта приводят к заниженному определению необходимого количества воды.

Ведомственные нормы [6] предусматривают использование двух методов. Первый метод распространяется на процесс увлажнения грунтов

при устройстве ФВК без уширения и позволяет учитывать плотность, природную и оптимальную влажность грунта, а также:

- ширину (диаметр) вытрамбовываемого котлована на уровне его среднего сечения;

- коэффициент, равный 5,652.

Второй метод, в отличие от первого метода не включает в себя ширину котлована в среднем сечении и коэффициент, равный 5,652, а вместо них содержит:

- коэффициент, равный 0,627;

- объем жесткого материала втрамбовываемого в дно котлована;

- коэффициент, принимаемый от 1,57 до 3,24, в зависимости от плотности грунта до и после уплотнения.

Для методов свойственны следующие недостатки:

1) В первом методе объем увлажненной формы грунта принят равный объему уширения, формирующегося под нижней частью котлована. Форма уширения принята в виде куба с размерами равными ширине уширения в уровне его среднего сечения. Форма увлажненной зоны грунта не соответствует форме куба и ее объем не равен объему уширения [7,8].

2) Во втором методе объем увлажненной зоны принят равным объему жесткого материала втрамбовываемого в дно котлована, хотя он должен быть больше как объема жесткого материала, так и объема уплотненной зоны грунта;

3) Для обоих методов, увлажненная зона грунта принята ограниченно малой и равной либо объему уширения (первый метод) либо объему материала из которого он формируется (второй метод), что ведет к заниженному определению требуемого количества воды;

Кроме того, рассмотренные методы содержат в себе недостатки, указанные в позициях 2-4, относящиеся к методу, описанному в [2-5].

В работах [12-14] приведены методы, исключающие недостатки вышеуказанных методов. Методы разработаны для условий увлажнения грунта со дна точечного и линейного источников при устройстве ФВК. Эти методы позволяют определять количество воды, необходимое для замачивания грунта с учетом следующих факторов:

1) вида и размеров источников увлажнения грунтов;

2) особенностей формирования увлажненной зоны грунта под источниками замачивания;

3) показателей плотностно-влажностного состояния грунтов до и после увлажнения;

4) размеров вытрамбовываемых котлованов, а также размеров и формы уплотненных зон, которые формируются вокруг них при их подготовке.

Несмотря на глубокую научную обоснованность и достоверность результатов, получаемых по указанным методам, они не могут быть использованы для случая, когда уплотнению подвергается грунт, расположенный в верхней части толщ между сваями ленточного свайного фундамента. Это вызвано тем, что уплотнение межсвайного грунта путем выштамповывания в нем траншеи под ростверк, производится в крайне стесненных условиях и при наличии уплотненных зон вокруг забитых свай фундамента, что оказывает существенное влияние как на форму, так и на размеры увлажненной зоны грунта межсвайного пространства при замачивании.

**Материалы и методы исследований.** Учитывая, представленные обстоятельства, в настоящей работе представлен метод, который разработан

для условий уплотнения грунта межсвайного пространства ленточного однорядного свайного фундамента. При этом учитывается, что грунт между сваями уплотняется путем выштамповывания в нем траншеи под ростверк. При создании метода использованы известные математические приемы решения инженерных задач и результаты критического анализа ключевых положений существующих методов, близких по тематике исследуемой проблемы.

При разработке метода приняты следующие основные предпосылки:

- свайный фундамент представляет собой ленточный фундамент с однорядным расположением свай с расстоянием между сваями в осях 3-6d (размер поперечного сечения сваи);
- в межсвайном пространстве выштамповывается траншея под монолитный ростверк с формированием сложной уплотненной зоны;
- уплотненная зона, которая формируется вокруг сваи при ее забивке, обладает грушевидной формой, верхняя часть которой близка к цилиндрической форме, а нижняя часть (у острия) – к форме сферы [15-17];
- в верхней части свай границы их уплотненных зон не пересекаются, и за пределами этих зон плотность и влажность грунта близки к природным характеристикам [15-17];
- замачивание грунта водой межсвайного пространства осуществляется с поверхности площадки со дна отрытого котлована прямоугольной формы;
- в продольном сечении форма увлажненной зоны грунта межсвайного пространства имеет сложную форму;
- в поперечном сечении форма увлажненной зоны грунта в середине межсвайного пространства близка к форме усеченного эллипса;
- наибольшие размеры увлажненной зоны межсвайного грунта превышают размеры уплотненных зон, которые формируются вокруг траншеи после ее выштамповывания.

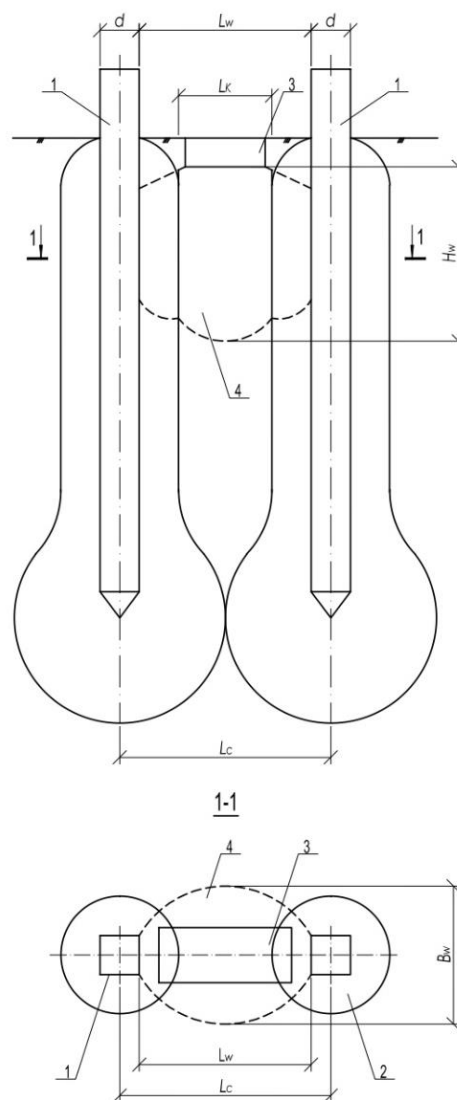
Исходя из известных закономерностей формирования увлажненных зон грунтов для межсвайного грунта, принят следующий порядок движения воды и формирования в нем соответствующей увлажненной зоны [7,8,14] (рис. 1 и 2):

1) Вода из источника растекается, в сторону к свае, наклонно, до достижения ее боковой грани. Линии движения воды наклонны к боковой грани сваи;

2) Вдоль боковой грани сваи вода (на контактном участке) перемещается вниз вертикально, по щели, образовавшейся между грунтовой толщей и поверхностью сваи при забивке. Линии движения воды в межсвайном пространстве параллельны боковой грани сваи;

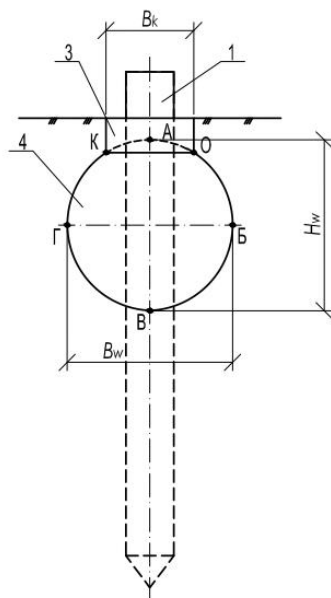
3) Достигнув определенной глубины, вода стекается в сторону центра межсвайного пространства, расположенной между границами уплотненных зон свай. Вертикальные линии движения воды на этой глубине изгибаются, и граница растекания воды (в пределах уплотненной зоны сваи) формируется в виде криволинейно выпуклой плоскости;

4) За границей уплотненной зоны сваи растекание воды происходит более интенсивно, в виду того, что плотность грунта между уплотненными зонами свай, ниже, чем его плотность в пределах уплотненных зон свай. На этом участке увлажненной зоны межсвайного грунта линии движения воды существенно изгибаются, и граница растекания воды формируется в виде закругленной криволинейной плоскости.



1 – свая; 2 – уплотненная зона; 3 – источник замачивания; 4 – увлажненная зона.

Рис. 1. Схема к определению формы и размеров увлажненной зоны межсвайного грунта в продольном сечении



1 – свая; 2 – уплотненная зона; 3 – источник замачивания; 4 – увлажненная зона.

Рис. 2. Схема к определению формы и размеров увлажненной зоны межсвайного грунта в поперечном сечении

**Результаты исследований.** В качестве исходной формулы для определения требуемого количества воды  $V$  принята формула (1), предложенная Бекбасаровым И.И. в работах [12-14].

$$V = k_w \left[ \frac{\rho_d (W_y - W)}{\rho_w} \right] V_w, \quad (1)$$

где:  $k_w$  - коэффициент, учитывающий потери воды при увлажнении грунта, равный 1,1-1,2;  $\rho_d$  - осредненная величина плотности грунта в сухом состоянии в пределах увлажненной зоны (до замачивания грунта);  $W_y$  - осредненная величина влажности грунта в пределах увлажненной зоны после замачивания;  $W$  - то же до замачивания грунта водой;  $\rho_w$  - плотность воды;  $V_w$  - объем увлажненной зоны грунта.

В формуле (1), влажность  $W_y$ , в соответствии с рекомендациями, представленными в работе [13] можно принять за влажность, которая соответствует значению степени влажности  $S_r$ , равной  $(0,8 \div 0,9)$ . С учетом этого влажность  $W_y$  может быть определена по следующей формуле [1]

$$W_y = (0,8 \div 0,9) e \rho_w / \rho_s, \quad (2)$$

где:  $e$  - осредненная величина коэффициента пористости грунта в пределах увлажненной зоны до замачивания;  $\rho_s$  - плотность твердых частиц грунта.

Формула (1) достаточна универсальная и может быть успешно использована для большинства случаев увлажнения грунтов при правильном назначении параметров, входящих в ее состав. Особенно это касается объема увлажненной воды, форма и размеры которой зависят от ряда факторов.

Рассмотрим пути определения объема увлажненной зоны межсвайного грунта.

Из рисунков 1 и 2 следует, что форма увлажненной зоны, которая формируется при замачивании грунта межсвайного пространства, имеет сложный вид. Поэтому для разработки метода принимаем два разных упрощенных варианта формы увлажненной зоны межсвайного грунта.

В первом варианте увлажненная зона, представляет собой форму прямоугольной призмы со следующими размерами:  $L_w$  - длиной увлажненной зоны, равной расстоянию между боковыми гранями свай;  $B_w$  - шириной увлажненной зоны;  $H_w$  - высотой увлажненной зоны. Во втором варианте форма увлажненной зоны принимается также в виде призмы, но с иными геометрическими характеристиками, а именно: высотой, равной длине увлажненной зоны  $L_w$ ; формой поперечного сечения, равной форме усеченного эллипса в средней части призмы.

**Первый вариант.** Объем увлажненной зоны межсвайного грунта можно определить по следующей формуле:

$$V_w = \mu V_p = \mu(L_w \cdot B_w \cdot H_w) = \mu[B_w \cdot H_w (L_c - d)], \quad (3)$$

где:  $\mu$  - коэффициент, равный отношению  $V_p/V_{wf}$ ;  $V_p$  - объем прямоугольной призмы;  $V_{wf}$  - фактический объем увлажненной зоны;  $L_c$  - расстояние между сваями в осях;  $d$  - размер поперечного сечения свай.

В формуле (3) размеры увлажненной зоны должны соответствовать следующим условиям:

$$H_w/(h_t + h_u) > 1,0 \quad (4)$$

$$B_w/D_u > 1,0 \quad (5)$$

где:  $h_t$  - высота выштампованной траншеи;  $h_u$  - толщина уплотненной зоны грунта ниже дна траншеи;  $D_u$  - ширина уплотненной зоны грунта.

Отношения (4) и (5) можно представить в виде выражений, в которых коэффициенты  $\delta_1$  и  $\delta_2$  принимаются больше 1,0.

$$H_w/(h_t + h_u) = \delta_1, \quad (6)$$

$$B_w/D_u = \delta_2, \quad (7)$$

Определяя параметры  $H_w$  и  $B_w$  из равенств (6) и (7), формулу (3) по определению объема увлажненной зоны межсвайного грунта можно записать в виде

$$V_w = \mu\{(D_u \delta_2) \cdot [(h_t + h_u) \delta_1] \cdot (L_c - d)\}, \quad (8)$$

**Второй вариант.** Формулу по определению объема увлажненной зоны межсвайного грунта можно представить в виде следующего выражения:

$$V_w = \tau V_{p3} = \tau L_w A_{u3} = \tau L_w (A_3 - A_{c3}), \quad (9)$$

где:  $\tau$  - коэффициент, равный отношению  $V_{pз}/V_{wf}$ ;  $V_{pз}$  - объем призмы;  $V_{wf}$  - фактический объем увлажненной зоны;  $A_э$  - площадь эллипса АБВГ (рис.2);  $A_{сэ}$  - площадь сектора ОАК (рис.2).

В формуле (9) площадь  $A_э$  определяется по формуле (10), а площадь  $A_{сэ}$  - формуле (11).

$$A_э = 0,25 \pi (H_w + h_{сэ}) B_w, \quad (10)$$

$$A_{сэ} = 0,25(H_w + h_{сэ}) B_w \arccos \left\{ \frac{[0,5(H_w + h_{сэ}) - h_{сэ}]}{0,5(H_w + h_{сэ})} \right\} - \{[0,5(H_w + h_{сэ}) - h_{сэ}]0,5 B_k\}, \quad (11)$$

где:  $h_{сэ}$  - высота сектора ОАК;  $B_k$  - ширина источника замачивания.

Принимая  $0,5(H_w + h_{сэ}) = a$  формулы (10) и (11) для удобства расчетов можно упрощенно записать в виде следующих выражений:

$$A_э = 0,5 \pi a B_w, \quad (12)$$

$$A_{сэ} = 0,5 a B_w \arccos[(a - h_{сэ})/a] - 0,5 B_k(a - h_{сэ}), \quad (13)$$

С учетом формул (12) и (13) формула (9) может быть представлена в виде следующего выражения:

$$V_w = \tau L_w 0,5 \{(\pi a B_w) - a B_w \arccos[(a - h_{сэ})/a] + B_k(a - h_{сэ})\}, \quad (14)$$

Формулы (8) и (14) в представленном виде могут быть использованы для расчета количества воды, необходимого для увлажнения межсвайного грунта.

**Обсуждение результатов исследований.** Для сравнительной оценки полученных решений выполнены соответствующие расчеты. Исходные данные для расчетов приведены в таблице 1. Значения коэффициентов  $\delta_1$  и  $\delta_2$  приняты равными 1,2, а значения коэффициентов  $\mu$  и  $\tau$  - равными 0,8. Показатели межсвайного (глинистого) грунта в формулах (1) и (2) приняты равными:

- влажность  $W = 12\%$ ;
- плотность в сухом состоянии  $\rho_d = 1,53 \text{ т/м}^3$ ;
- коэффициент пористости  $e = 0,86$ ;
- плотность твердых частиц  $\rho_s = 2,72 \text{ т/м}^3$ .

Влажность  $W_y$ , рассчитанная по формуле (2), равна 25,3% при степени влажности  $S_r = 0,8$ .

Таблица 1

Исходные данные для расчетов по формулам (8) и (14)

Параметры	Значения параметров, см, для расчетных примеров		
	№1	№2	№3
$d$	30	30	30
$L_c$	180	180	180
$h_t$	40	60	80
$B_k$	50	50	50



$D_u$	45	45	45
$h_u$	60	90	120

Результаты расчетов по определению объема увлажненной зоны и объема воды, необходимой для увлажнения межсвайного грунта представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов по формулам (1), (8) и (14)

Формула	Объем увлажненной зоны $V_w$ , м <sup>3</sup> , для расчетных примеров			Объем воды $V$ , л, по формуле (1)		
	№1	№2	№3	№1	№2	№3
Формула (8)	0,778	1,167	1,555	189,98	284,75	379,42
Формула (14)	0,704	1,055	1,407	171,78	257,42	343,31

Из таблицы 2 следует, что объем увлажненной зоны  $V_w$ , установленный по формуле (8) на 9,5-9,6% превышает аналогичный параметр, рассчитанный по формуле (14). Такая же разница имеет место в значениях объема воды, определенных по формуле (1) с использованием соответствующих параметров.

**Заключение.** Результаты выполненных исследований позволяют сформулировать следующие выводы:

- формула (1) в комплексе с формулами (2), (8) и (14) может быть использована для предварительного расчета количества воды, необходимого для доувлажнения межсвайного грунта, уплотняемого путем выштамповывания в нем траншеи под ростверк;

- значения коэффициентов  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\mu$  и  $\tau$ , а также форму увлажненной зоны межсвайного грунта следует уточнять по результатам экспериментальных исследований.

#### Список литературы

1. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения [Текст]. – М.: Стройиздат, 1985. – 479 с.
2. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах [Текст]. – М.: Стройиздат, 1981. – 56 с.
3. ВСН 48-88. Обязательные технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах [Текст]. – Алма-Ата: НПО «Союзспецфундаменттяжстрой», 1988. – 53 с.
4. РСН КазССР 57-90. Проектирование и устройство фундаментов в вытрамбованных котлованах для сейсмостойких зданий [Текст]. – Алма-Ата: КазЦНТИС Госстроя КазССР, 1990. – 29 с.
5. РСН 40-85. Фундаменты в вытрамбованных котлованах и в пробитых скважинах [Текст]. – Кишинев: Госстрой Молдавской ССР, 1985. – 42 с.
6. ВСН 67-257-87. Руководство по устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах с использованием навесного оборудования УВ-1, УВК-40А, ОВК-100 [Текст]. – Уфа: Уфимский НИИпромстрой, 1987. – 66 с.
7. Крутов, В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах [Текст] / В.И. Крутов. – Киев: Будівельник, 1982. – 224 с.
8. Рабинович, И.Г. Формирование увлажненных зон в лессовых просадочных грунтах под источником замачивания [Текст] / И.Г. Рабинович // Труды НИИОСП им. Н.М. Герсеевского / Расчет и проектирование оснований и подземных сооружений. – М., 1980. – Вып. 70. – С. 32-45.

9. Власов, Ю.В. Распределение послойных перемещений неоднородного грунта под жестким штампом в вытрамбованном котловане [Текст] / Ю.В. Власов // Сборник научных трудов СибЗНИИЭП Госгражданстроя / Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания. - Новосибирск, 1976. - №14. - С. 5-14.
10. Бекбасаров, И.И. Применение метода пенетрационных испытаний для определения формы и размеров уплотненной зоны грунтов, при вытрамбовывании в них котлованов [Текст] / И.И. Бекбасаров // Вестник ТарГУ им. М.Х.Дулати / Природопользование и проблемы антропосферы. - Тараз, 2001. - №4 (4). - С. 209-213.
11. Бекбасаров, И.И. Об определении оптимальных величин угла заострения трамбовки на крупномасштабных моделях [Текст] / И.И. Бекбасаров // Сборник научных трудов ППС ТарГУ им. М.Х. Дулати. - Тараз, 1998. - Выпуск 1. - С. 377-379.
12. Бекбасаров, И.И. О решении задачи по определению объема воды, необходимого для замачивания просадочного грунта при устройстве отдельно стоящих фундаментов в вытрамбованных котлованах [Текст] / И.И. Бекбасаров // Доклады Всесоюзной конференции совместно с 8-ой научной сессией Дальневосточной секции МСССС. - Владивосток, 1991. - Часть 3. - С. 117-127.
13. Бекбасаров, И.И. Определение объема воды, необходимого для доувлажнения грунта, из «точечного источника» при вытрамбовывании котлованов неглубокого заложения [Текст] / И.И. Бекбасаров // Труды КарГТУ. - Караганда, 2004. - №4 (17). - С. 81-84.
14. Бекбасаров, И.И. Основы рационального вытрамбовывания котлованов под фундаменты [Текст]: монография / И.И. Бекбасаров. - Тараз: Издательство «Тараз университеті», 2011. - 155 с.
15. Новожилов, Г.Ф. Особенности деформации различных глинистых грунтов около забивных свай [Текст] / Г.Ф. Новожилов // Сборник докладов и сообщений по свайным фундаментам. - М.: Стройиздат, 1968. - С.49-57.
16. Готман, А.Л. К вопросу определения зоны уплотнения около свайного фундамента [Текст] / А.Л. Готман // Сборник научных трудов / Механизмы и приборы для разработки грунтов. - Уфа: Уфимский НИИпромстрой, 1987. - С.31-39.
17. Селиверстов, А.Н. Исследование деформаций глинистых грунтов около забивных свай [Текст] / А.Н. Селиверстов, М.А. Селиверстов // Сборник научных трудов. - Пермь: Пермский сельскохозяйственный институт, 1997. - С.59-65.

*Исследования выполнены в рамках проекта AP26197175 на тему «Разработка технологии производства работ по устройству ленточных свайных фундаментов с ростверками в выштампованных траншеях», профинансированного Комитетом науки МНВО РК.*

*Материал поступил в редакцию 23.09.25, принят 30.09.25.*

**И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, Е.И. Атепов<sup>1</sup>, Н.А. Шаншабаев<sup>1</sup>**

<sup>1,2,3</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

#### **ҚАДАЛАР АРАСЫНДАҒЫ РОСТВЕРК АСТЫНДАҒЫ ТРАНШЕЯНЫ ШТАМПАУ КЕЗІНДЕ ТОПЫРАҚТЫ ЫЛҒАЛДАНДЫРУ ҮШІН СУДЫҢ МӨЛШЕРІН АНЫҚТАУ ӘДІСІ**

**Аңдатпа.** Құрғақ және жартылай құрғақ топырақты соққылай тығыздау кезінде ылғалдау үшін қажетті су мөлшерін анықтауға мүмкіндік беретін әдісті әзірлеу жөнінде зерттеу нәтижелері ұсынылған. Бұл жағдайда траншеяны төмен монолитті

таспалы бір қатарлы қадалар іргетасының астына штамптау кезінде қадааралық кеңістіктің топырағын тығыздау процесі қарастырылған. Топырақты тар кеңістікте тығыздау кезінде судың қозғалу тәртібі анықталды. Жергілікті сулау көзі астында ылғалданған аймақтың әртүрлі формаларын қалыптастыру мүмкіндігін ескеретін екі нұсқа қарастырылды. Қадааралық кеңістікте ылғалданған топырақ аймағын қалыптастырудың тар жағдайлары ескерілді. Алынған теориялық шешімдердің негізінде салыстырмалы есептеулер жүргізілді, бұл нәтижелердегі айырмашылық 10% - дан аспайтынын анықтауға мүмкіндік берді. Әдіс соңғы формулаларға кіретін бірқатар коэффициенттерді алдын-ала эксперименттік нақтылаумен қолдануға ұсынылады.

**Тірек сөздер:** топырақ, ылғалдылық, тығыздау, қадалар, ылғалдау көзі, ылғалданған аймақ, тығыздалған аймақ, траншея.

I.I. Bekbasarov<sup>1</sup>, Y.I. Atenov<sup>1</sup>, N.A. Shanshabaev<sup>1</sup>

<sup>1,2,3</sup>*M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan*

#### A METHOD FOR DETERMINING THE AMOUNT OF WATER TO MOISTEN THE SOIL WHEN STAMPING A TRENCH UNDER A GRILLAGE BETWEEN PILES

**Abstract.** The results of research on the development of a method for determining the amount of water required for soaking dry and semi-dry soils during their impact compaction are presented. At the same time, the process of compacting the soil of the inter-pile space when stamping a trench in it under a low monolithic grillage of a single-row pile foundation is considered. The order of water movement during soil soaking in a cramped pile space has been determined. Two variants of tasks are considered, taking into account the possibility of forming different forms of a moistened zone under a local soaking source. The cramped conditions for the formation of a moistened soil zone in the inter-pile space are taken into account. Based on the theoretical solutions obtained, comparative calculations were performed, which allowed us to establish that the difference in results does not exceed 10%. The method is recommended for use with a preliminary experimental refinement of a number of coefficients included in the final formulas.

**Keywords:** soil, humidity, compaction, piles, soaking source, moistened area, compacted area, trench.

#### References

1. Designer's Handbook. Foundations, Bases, and Underground Structures. Moscow: Stroyizdat, 1985. 479 p. [in Russian].
2. Guide to the Design and Construction of Foundations in Rammed Pits. Moscow: Stroyizdat, 1981. 56 p. [in Russian].
3. VSN 48-88. Mandatory Technologies for the Construction of Foundations in Rammed Pits. Alma-Ata: NPO Soyuzspetsfundamenttyazhstroy, 1988. 53 p. [in Russian].
4. RSN KazSSR 57-90. Design and Construction of Foundations in Rammed Pits for Earthquake-Resistant Buildings. - Alma-Ata: KazTsNTIS Gosstroy KazSSR, 1990. - 29 p. [in Russian].
5. RSN 40-85. Foundations in rammed pits and in drilled boreholes. - Chisinau: Gosstroy of the Moldavian SSR, 1985. - 42 p. [in Russian].
6. VSN 67-257-87. Guide to the device of foundations in rammed pits using attached equipment UV-1, UVK-40A, OVK-100. - Ufa: Ufa Research Institute of Industrial Construction, 1987. - 66 p. [in Russian].
7. Krutov V.I. Osnovaniya i fundamenty na prosadochnykh gruntakh [Foundations and foundations on subsidence soils]. - Kyiv: Budivelnik, 1982. - 224 p. [in Russian].

8. Rabinovich I.G. Formirovaniye uvlazhnennykh zon v lessovykh prosadochnykh gruntakh pod istochnikom zamachivaniya [Formation of moistened zones in loess subsidence soils under a soaking source] // Proceedings of the N.M. Gersevanov Research Institute of Structures and Equipment / Calculation and design of foundations and underground structures. - Moscow, 1980. - Issue 70. - P. 32-45. [in Russian].
9. Vlasov Yu.V. Raspredeleniye posloynnykh peremeshcheniy neodnorodnogo grunta pod zhestkim shtampom v vytrambovannom kotlovane [Distribution of layer-by-layer displacements of heterogeneous soil under a rigid stamp in a rammed pit] // Collection of scientific papers of the SibZNIIEP Gosgrazhdanstroy / Construction of foundations on subsidence soils of Siberia by the ramming method. - Novosibirsk, 1976. - No. 14. - P. 5-14. [in Russian].
10. Bekbasarov I.I. Primeneniye metoda penetratsionnykh ispytaniy dlya opredeleniya formy i razmerov uplotnennoy zony gruntov, pri vytrambovyvanii v nikh kotlovanov [Application of the penetration test method to determine the shape and size of the compacted zone of soils during ramming of trenches in them] // Bulletin of the TarSU named after M.Kh. Dulaty / Nature management and problems of the anthroposphere. - Taraz, 2001. - No. 4 (4). - P. 209-213. [in Russian].
11. Bekbasarov I.I. Ob opredelenii optimal'nykh velichin ugla zaostreniya trambovki na krupnomasshtabnykh modelyakh [On determining the optimal values of the rammer taper angle on large-scale models] // Collection of scientific papers of the teaching staff of the TarSU named after M.Kh. Dulati. - Taraz, 1998. - Issue 1. - P. 377-379. [in Russian].
12. Bekbasarov I.I. O reshenii zadachi po opredeleniyu ob'yema vody, neobkhodimogo dlya zamachivaniya prosadochnogo grunta pri ustroystve otdel'no stoyashchikh fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh [On the solution of the problem of determining the volume of water required for soaking subsidence soil during the construction of detached foundations in rammed trenches] // Reports of the All-Union Conference jointly with the 8th scientific session of the Far Eastern Section of the International Union of Soil Conservation of the USSR. - Vladivostok, 1991. - Part 3. - P. 117-127. [in Russian].
13. Bekbasarov I.I. Opredeleniye ob'yema vody, neobkhodimogo dlya douvlazhneniya grunta, iz «tochechnogo istochnika» pri vytrambovyvanii kotlovanov neglubokogo zalozheniya [Determination of the volume of water required for additional soil moistening from a "point source" during ramming of shallow trenches] // Transactions of KarSTU. - Karaganda, 2004. - No. 4 (17). - P. 81-84. [in Russian].
14. Bekbasarov I.I. Osnovy ratsional'nogo vytrabovyvaniya kotlovanov pod fundamente [Fundamentals of Rational Excavation of Foundation Pits]: monograph. – Taraz: Taraz University Publishing House, 2011. - 155 p. [in Russian].
15. Novozhilov G.F. Osobennosti deformatsii razlichnykh glinistykh gruntov okolo zabivnykh svay [Features of Deformation of Various Clayey Soils near Driven Piles] // Collection of Reports and Communications on Pile Foundations. – Moscow: Stroyizdat, 1968. – P. 49-57. [in Russian].
16. Gotman A.L. K voprosu opredeleniya zony uplotneniya okolosvaynogo fundamenta [On the Issue of Determining the Compaction Zone of a Pile Foundation] // Collection of Scientific Papers / Mechanisms and Devices for Soil Development. – Ufa: Ufa Research Institute of Industrial Construction, 1987. – P. 31-39. [in Russian].
17. Seliverstov A.N., Seliverstov M.A. Issledovaniye deformatsiy glinistykh gruntov okolo zabivnykh svay [Study of deformations of clay soils near driven piles] // Collection of scientific papers. - Perm: Perm Agricultural Institute, 1997. - P.59-65. [in Russian].