

К.С. Байболов¹, Д.Ж. Артыкбаев^{1*}, К. Ибрагимов², К.И. Назаров³

¹Университет имени Ж. Ташенева, Шымкент, Казахстан

²Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

³АО Гидропроект, Ташкент, Узбекистан

Информация об авторах:

Байболов Канат Сейтжанович, к.т.н., доцент, университет имени Ж. Ташенева, Шымкент, Казахстан.
<https://orcid.org/0000-0003-1293-6482>, email: kanat-bai@mail.ru

Артыкбаев Дархан Жаксылыкович – PhD, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-4794-8707>, email: artykbaev_d@mail.ru

Ибрагимов Кудайберген – к.т.н., доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-6557-4484>, email: info@ukgu.kz

Назаров Камол Иноятович – PhD, АО «Гидропроект», Ташкент, Узбекистан

*Автор корреспонденции: e-mail: artykbaev_d@mail.ru

ОПЫТНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ И СЖИМАЕМОСТИ СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В данной работе приведены результаты по определению оптимальной влажности и максимальной плотности, числа пластичности суглинистого грунта, а также результаты исследований и опытов для определения наиболее перспективных способов снижения карьерной влажности грунта.

Кроме того, в работе представлены результаты проведенных исследований по разработке карьера, определению толщины уплотненного слоя, выбор уплотняющего механизма, количество проходов по одному следу, определение плотности сухого грунта на предполагаемых опытно-полевых участках при отсыпке плотины и графики требуемых плотностей.

Ключевые слова: максимальная плотность, влажность, полевые опыты, грунт, инженерно-геологические работы, гранулометрический состав, высота, уплотняемый слой.

Введение

Целью лабораторных исследований является определение максимальных плотностей и оптимальных влажностей грунтов доставленных суглинков для опытно-лабораторных определений параметров укладки, предполагаемых при отсыпке перемычки и ядра плотины гидроузла.

Отбор образцов грунта нарушенного и ненарушенного сложения (монолитов) осуществлялся в зависимости от свойств грунта и целевого назначения инженерно-геологических работ [10].

Образцы грунта были отобраны из шурфов. Размеры монолитов и их числа были достаточными для необходимого комплекса лабораторных работ выполнения по определению состава, состояния свойств грунта и отвечающим требованиям соответствующих стандартов, и методам определения характери-

стик грунтов. При отборе карьерного материала из каждого шурфа на разных глубинах определили природную влажность и плотность методом режущего кольца диаметром 80 мм [1].

Минимальные размеры монолитов, отбираемых из шурфа, составляют 100x100x100 мм. Для транспортирования образцы были упакованы полиэтиленовой пленкой с целью сохранения природной влажности.

Грунты из шурфов, предназначенные для определения максимальной плотности и оптимальной влажности, были упакованы в синтетические мешки и маркированы для отправки в лаборатории.

Для исследования физико-механических свойств в лаборатории доставили 11 проб с карьера. Эти образцы грунтов были отобраны с различной глубины, начиная с 1 м до 6 метров.

Материал, доставленный из карьера, представляет собой неоднородную смесь состоящую из супесей и суглинков.

Результаты лабораторного определения гранулометрического состава представлены на рис. 1. При этом влажность исследуемого грунта колеблется в среднем от 18.6 до 23% [2].

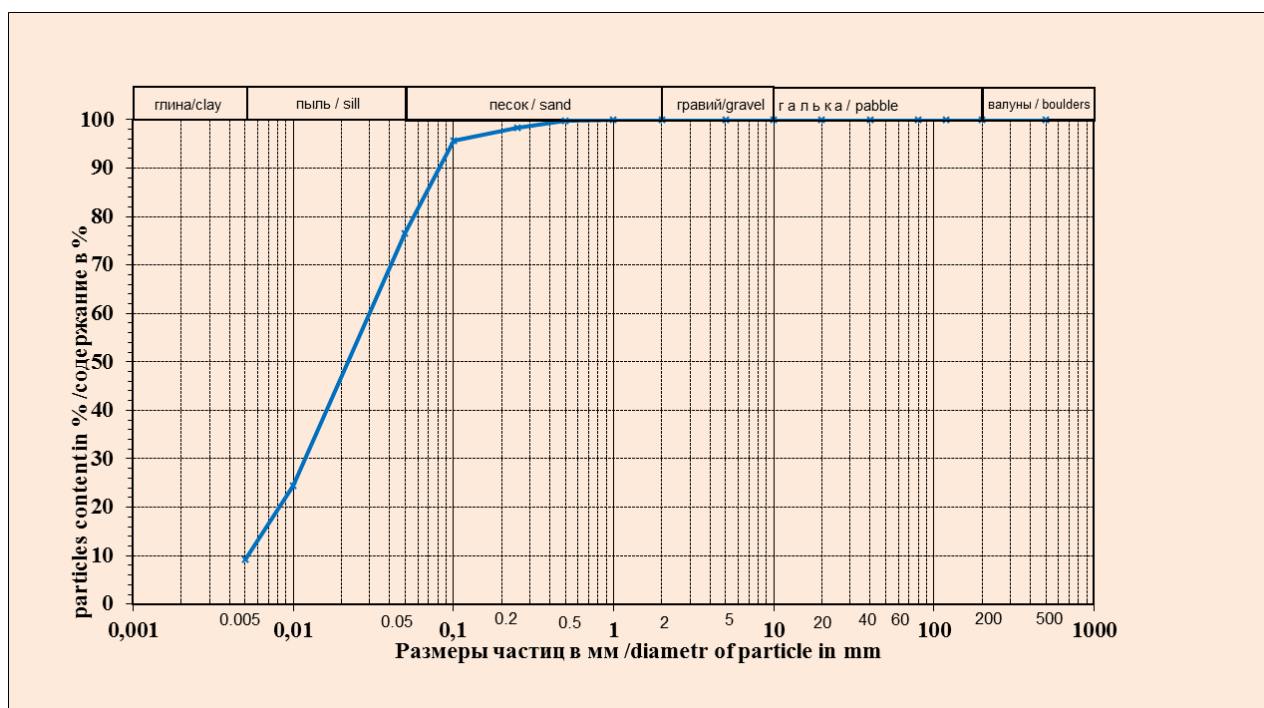


Рисунок 1 – Гранулометрический состав средневзвешенного суглинистого грунта

Материалы и методы

Обычно перед началом возведения земляного сооружения предшествуют проведения лабораторных исследований по уплотнению грунтов, позволяющие установить зависимости влажности и плотности при различных работах на уплотнение.

Лабораторное уплотнение в отличие от полевых условий ведется не укаткой, а трамбованием грунта в соответствии с имеющимися на этот счет стандартными правилами. Несмотря на условность метода стандартного уплотнения, варьирование величиной удельной уплотняющей работы позволяет установить хорошие связи между величиной работы стандартного уплотнения с типом и весом грунтоуплотняющего механизма. Для этого необходимо проведение уплотнений грунта при различных удельных уплотняющих работах.

Стандарты в зависимости от назначения высоты и классы сооружения предусматривают применение различной уплотняющей работы, при этом варьируется в основном вес, высота подъема гири, а также количество слоев уплотняемого грунта в контейнере [3].

Работа, затраченная на уплотнение грунта в лабораторных условиях, представлена формулой:

$$A = \frac{\rho_{\text{тр}} \cdot H \cdot n \cdot N}{V} \quad (1)$$

где $\rho_{\text{тр}}$ – вес трамбовки, кг;

H – высота сброса груза, см;

n – число ударов по слою;

N – число слоев;

V – объем контейнера.

По результатам уплотнений строятся графики зависимости плотности от влажности для различных удельных работ, затраченных на уплотнение.

Для определения максимальной плотности используется прибор стандартного уплотнения СОЮЗДОРНИИ.

Результаты этих определений приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ стандартов	Вес гири	Кол-во слоев (шт.)	Высота сброса (см)	Кол-во ударов (шт.)	Удельная работа, (гсм/см ³)	Масса катка (тн.)
1	2,5	3	30	25	A ₁ -5600	до 20
2	2,5	5	30	25	A ₂ -9370	20-40
3	4,5	3	46	25	A ₃ -15500	40-80
4	4,5	5	46	25	A ₄ -25900	>80

Стандарт №1 является обязательным для получения характеристик грунта при минимальной уплотняющей работе.

Стандарт №3 регламентирован для лабораторных уплотнений грунта, предназначенного в ответственные сооружения.

Для промежуточной удельной уплотняющей работы выбирается метод с увеличенным числом слоев уплотнения (стандарт №2, тогда будем иметь следующие стандарты: 1,2 и 3 или 1,3 и 4) [4].

Результаты и обсуждение

По полученным в результате испытаний значениям плотности и влажности уплотненных образцов определяют плотность сухого грунта с погрешностью до 0.01 г/см^3 по формуле:

$$\rho_{\text{ск}} = \frac{\rho_w}{1 + W} \quad (2)$$

где $\rho_{\text{ск}}$ – плотность сухого грунта;

ρ_w – плотность влажного грунта;

W – влажность в долях единицы.

Строится график зависимости плотности от влажности грунта, откладывая по оси абсцисс влажностью уплотненных образцов, а по оси ординат плотность грунта. Находят максимум полученной зависимости, и соответствующие ему величины являются максимальной плотностью и оптимальной влажностью.

Результаты лабораторного исследования суглинистых грунтов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Стандарты	Средняя оптимальная влажность $W_{\text{opt}}, \%$	Средняя максимальная плотность $\rho_d^{\text{max}}, \text{ г/см}^3$
A1	18	1,68
A2	17	1,74
A3	15	1,79

Средняя плотность укладки грунта в сооружение назначается для плотин до 70 м, равной $0,95\rho_d^{\text{max}}$, а для плотин выше 70 м, равной $0,98\rho_d^{\text{max}}$, при коэффициенте вариации V не более 0,05.

Таким образом, что для материала карьера по стандарту A1 максимальная плотность $\rho_{\text{max}}=1,68 \text{ г/см}^3$ при влажности укладки $W_{\text{opt}}=18\pm 2, \%$. При этом плотность укладки в тело дамбы при доверительной вероятности $\alpha=0,98$ составит $\rho_d=1,65 \text{ г/см}^3$. По стандарту A2 максимальная плотность $\rho_{\text{max}}=1,74 \text{ г/см}^3$ при влажности укладки $W_{\text{opt}}=17\pm 2, \%$. При этом плотность укладки в теле дамбы при доверительной вероятности $\alpha=0,98$ составит $\rho_d=1,70 \text{ г/см}^3$. По стандарту A3 максимальная плотность $\rho_{\text{max}}=1,79 \text{ г/см}^3$ при влажности укладки $W_{\text{opt}}=15\pm 2, \%$. При этом плотность укладки в тело дамбы при доверительной вероятности $\alpha=0,98$ составит $\rho_d=1,75 \text{ г/см}^3$ [5].

Определение плотности и сжимаемости материала ядра

Для возведения опытной насыпи был выбран карьер, внутри контура карьера были отобраны 6 шурфов глубиной до 6 метров, через каждый метр.

Транспортировка грунта производилась автосамосвалами типа MAN и подвозили к месту отсыпки. После разравнивали бульдозером, затем планировали грейдером в слои 0.3 м и 0.35 м. После этого по ширине первую и вторую

карту разделили на два участка, каждый участок уплотнялся разными кулачковыми катками. Первый участок уплотнялся катком весом 16 тонн, типа SANY и второй участок катком весом 27 тонн тип SANY с вибратором и без вибратора.

После каждого двух проходов производилось исследование уплотненного слоя путем взятия проб для определения плотности и влажности [1, с. 13]. На каждом участке в 3-х местах отобрали образцы методом режущего кольца с внутренним диаметром кольца 80 мм для определения плотности и влажности грунта. Общее число точек отбора проб составили 72 точек.

Плотность влажного грунта ρ г/см³ определяли по формуле:

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V} \quad (3)$$

где m_1 – масса грунта с кольцом, г;

m_2 – масса кольца, г;

V – внутренний объем кольца, см³.

Для определения плотности сухого грунта, из каждого образца отобрали грунт в бюксы и определили влажность грунта в строительной лаборатории.

Средние результаты уплотнения каждого слоя показаны на графике зависимости плотности сухого грунта от количества проходов катка по одному следу [3, с. 15].



Рисунок 2 – График зависимости плотности сухого грунта от количества проходов катка по одному следу (кулачковый каток с вибратором 16 тонн, $t=25$ см).



Рисунок 3 – График зависимости плотности сухого грунта от количества проходов катка по одному следу (Кулачковый каток с вибратором 27 тонн, t=25 см).

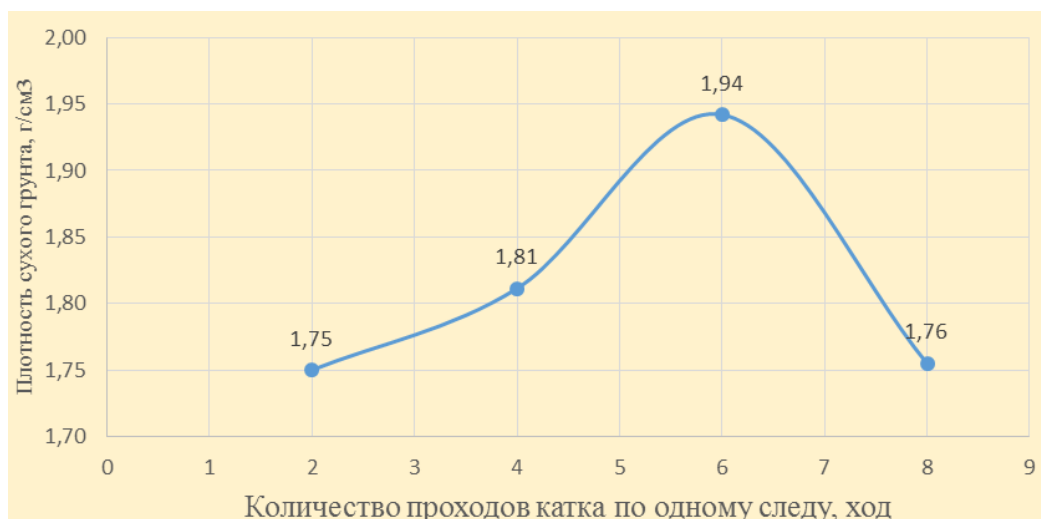


Рисунок 4 – График зависимости плотности сухого грунта от количества проходов катка по одному следу (Кулачковый каток с вибратором 27 тонн, t=30 см).

Смешивание материала (грунта) ядра

На опытной площадке в качестве эксперимента было выполнено перемешивание грунта карьерных грунтов в пропорции 60% супесчано-суглинистых грунтов и 40% горной массы, которое представлено на рис. 5.

Данный состав грунта получается путем смешивания грунтов камня с отсевом диаметром до 200 мм с суглинистым грунтом. Смесь грунта была подготовлена на промежуточном складе, расположенном близко к опытной площадке, где отсыпали послойно, с толщиной слоя 25 и 30 см.

После каждых двух проходов катка производилось исследование уплотненного слоя путем взятия проб для определения плотности и влажности согласно ГОСТ 5180 [1, с. 22].

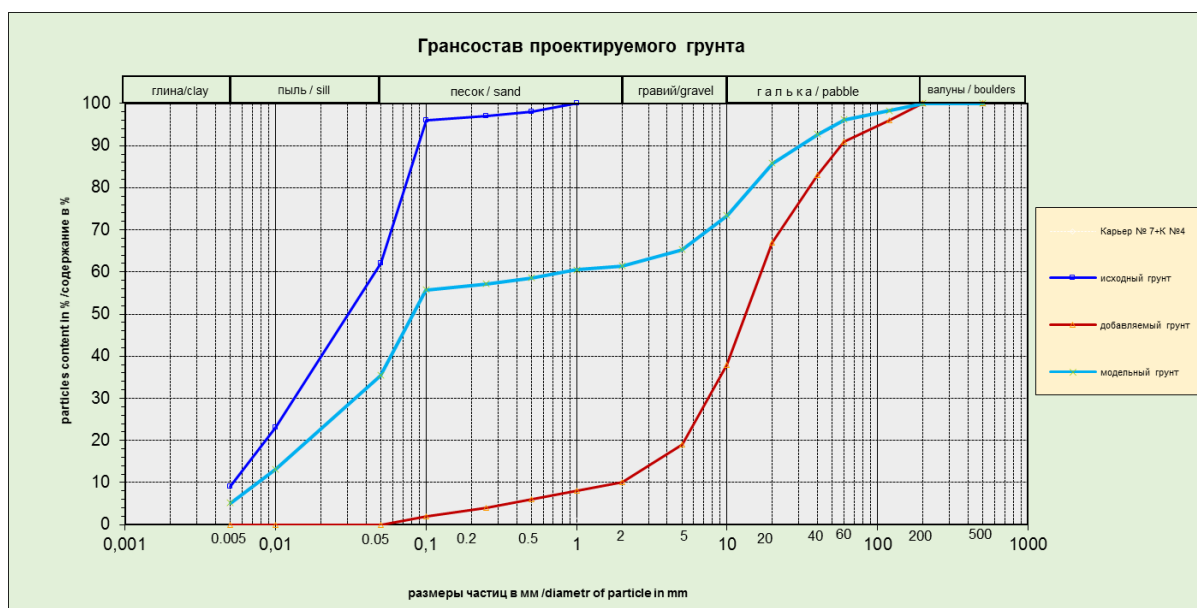


Рисунок 5 – Гранулометрический состав смешанного грунта карьерных грунтов

Плотность грунта определялась методом «шурфа – лунки» с размерами 50х50х25 см (в зависимости от высоты уплотненного слоя). Объем лунки измеряли водой, заливаемой по выстеленной полиэтиленовой пленкой.

Опытное уплотнение грунта показало, что максимальная средняя плотность грунта $\rho_d=1,94\text{т/см}^3$ достигается при толщине неуплотненного слоя грунта при 30 см и влажности грунта $W_{opt}=12-16, \%$ (для мелкозема <5мм).

Уплотнение грунта осуществлялось с помощью кулачкового виброролка SANY весом 27 тонн. Скорость движения катка по слою грунта принималась медленной, вибрация – сильной.

Результаты проведенных опытов представлены в виде графиков зависимости плотности сухого грунта от количества проходов катка по одному следу и представлены на рисунках 6, 7 и 8.

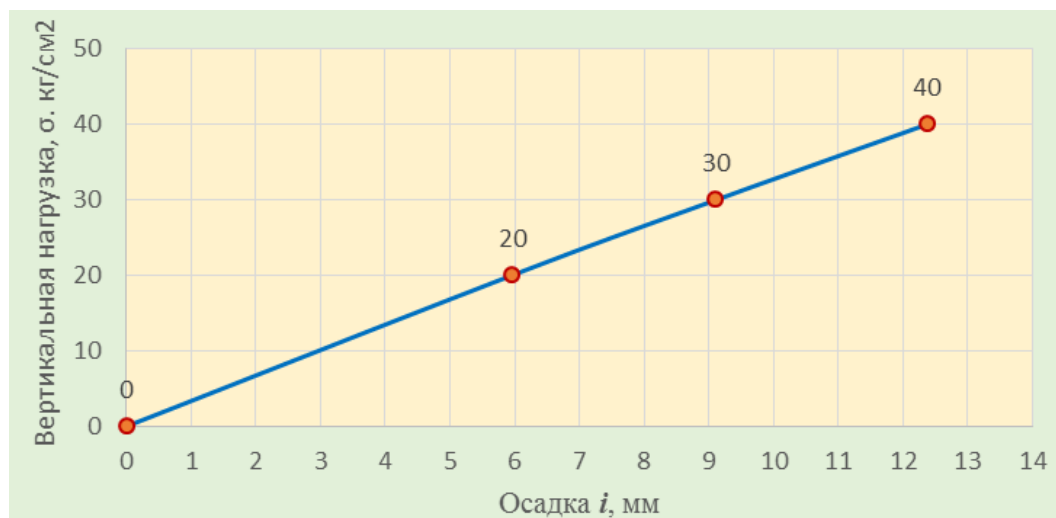


Рисунок 6 – График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта ядра (смешанный грунт)

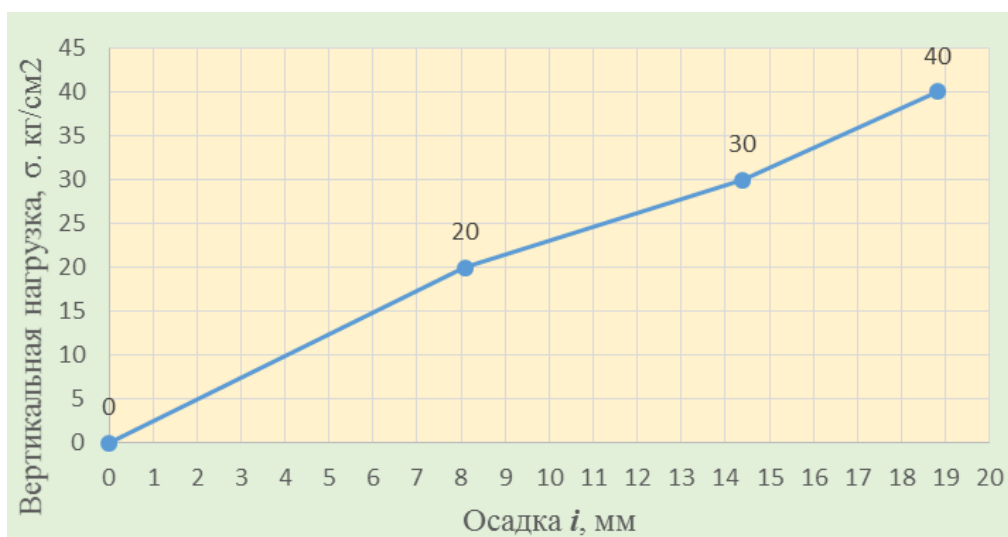


Рисунок 7 – График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта ядра (суглинистый грунт)

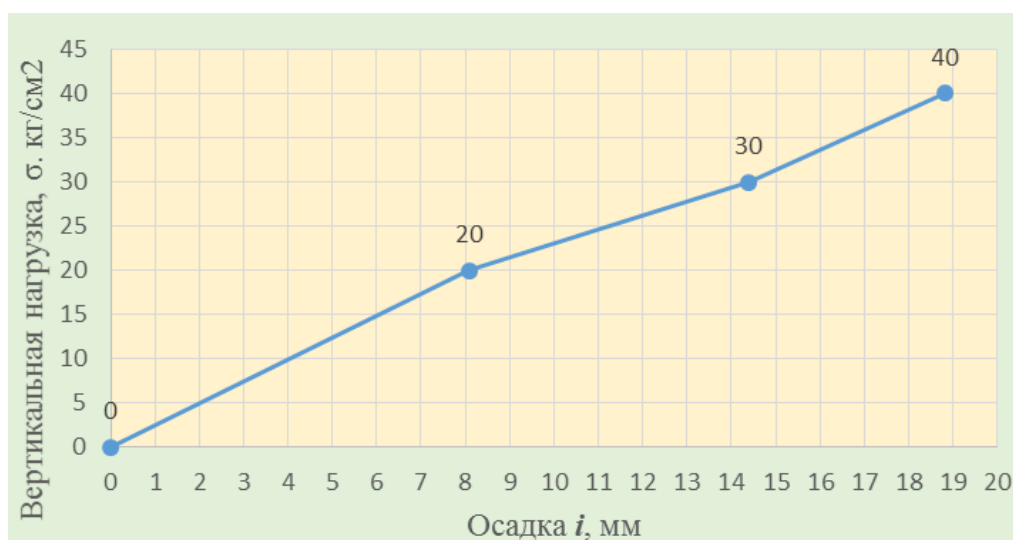


Рисунок 8 – График зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта ядра (суглинистый грунт)

После отсыпки местного слоя ядра на опытной площадке были проведены работы по определению деформации грунта. Методика проведения опытов описана ниже. Результаты приведены в виде графиков на рис. 9, 10.

Как видно из графиков зависимости вертикальной нагрузки к осадке грунта ядра, уложенного в опытную насыпь, что относительные осадки слоя супесчано-суглинистого грунта составляет 18.8 мм и при смешивании грунта при нагрузках 4.0 Мпа составляет 12.4 мм.

Деформационные опыты на опытной площадке проводились по методу статического нагружения на поверхности грунта жестким металлическим штампом размером 35x35см. Нагрузка на грунт осуществлялась через металлический штамп ступенями по 10, 20, 30, 40 кг/см³. На каждой ступени нагрузки выдерживали до стабилизации, далее увеличивали нагрузку до следующей ступени [8-10].

В состав установки для испытания грунта штампом входили:

- штамп размером 35x35 см;
- для создания и измерения нагрузки на штамп использовался гидравлический домкрат ДГ 200;
- анкерное устройство (для установок без грузовой платформы);
- устройство для измерения осадок штампа – индикатор часового типа ИЧ-25.

Конструкция установки обеспечивала возможность нагружения штампа ступенями давления по 0,01-0,1 МПа, центрированную передачу нагрузки на штамп, постоянство давления на каждой ступени нагружения. Отсчеты по прогибомерам на каждой ступени нагружения проводили при испытании грунтов и песков через каждые 10 мин в течение первого получаса, 15 мин в течение второго получаса и далее через 30 мин до условной стабилизации деформации грунта. Все отчеты заносились в полевой журнал. По данным испытаний построили график зависимости осадки штампа от давления.

Для определения деформационных характеристик проводили штамповые опыты с площадью 1000 см².

Модуль деформации грунта определяют по графику зависимости осадки – штампа от давления при испытании штампом. При этом минимальная толщина испытываемого слоя грунта должна составлять не менее двух диаметров штампа [11-16].

В опытах применялся металлический штамп. Штамп устанавливался на выравненную поверхность грунта. Для достижения плотного контакта подошвы штампа с грунтом поверхность грунта засыпались маловлажным песком толщиной 1-2 см. После установки штампа проверяется горизонтальность его положения [17-18].

После стабилизации перемещений от первой ступени давления увеличиваем ступенями нагрузку на штамп. За критерий условной стабилизации деформации принималась скорость осадки штампа, не превышающую 0.1 мм за указанное время.

Для определения модуля деформации E строят график зависимости осадки от давления $S=f(D)$, откладывая по оси абсцисс значения S и по оси ординат соответствующие значения P .

Через нанесенные на график четыре опытные точки необходимо провести осредняющую прямую методом наименьших квадратов или графическим методом [19].

За начальные значения P_c и S_c принимают давление, равное напряжению δ_{zgo} и соответствующие осадку; за конечные значения P_n и S_n – значения P_i и S_i соответствующие четвертой точке графика на прямолинейной участке.

Модуль деформации грунта E , МПа (кгс/см²) определяют для линейного участка графика $S=f(P)$ по формуле:

$$E = (1 - \vartheta^2) K_p \cdot K_c \cdot v \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (4)$$

где ν – коэффициент Пуассона;

K_p – коэффициент, принимаемый в зависимости от заглубления штампа d/v ;

d – глубина расположения штампа относительно поверхности грунта, см;

v – ширина или диаметр штампа;

K_i – коэффициент, принимаемый для жесткого квадратного штампа равным 0.88. [23].

ΔP – приращение давления на штамп, МПА, равное $P_n - P_0$. ΔS – приращение осадки штампа, соответствующее ΔP , см, определяемое на осредняющей прямой. Коэффициент K_p принимают равным 1 при испытаниях грунтов штампами в котлованах, шурфах и дудках независимо от d/v [20].

Выводы:

На основании проведенных работ можно сделать следующие выводы:

1. Исследуемый грунт по своему гранулометрическому составу и числу пластичности находится на границе супесчаных и суглинистых грунтов. Средняя естественная влажность по карьере составляет 22%.

2. Для суглинистых грунтов по стандарту А1 максимальная плотность $\rho_{max} = 1.68$ г/см³ при влажности $W_{опт} = 18 \pm 2\%$, при этом плотность укладки в тело дамбы при доверительной вероятности $\alpha = 0.98$ составит $\rho_d = 1.65$ г/см³.

3. По стандарту А2 максимальная плотность $\rho_{max} = 1.74$ г/см³ при влажности $W_{опт} = 17 \pm 2\%$, при этом плотность укладки в тело дамбы при доверительной вероятности $\alpha = 0.98$ составит $\rho_d = 1.70$ г/см³.

По стандарту А3 максимальная плотность $\rho_{max} = 1.79$ г/см³ при влажности $W_{опт} = 15 \pm 2\%$, при этом плотность укладки в тело дамбы при доверительной вероятности $\alpha = 0.98$ составит $\rho_d = 1.75$ г/см³.

Литература:

1. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
2. ГОСТ 12536 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
3. ГОСТ 25100 Грунты. Классификация.
4. ГОСТ 23278 «Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости».
5. ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.
6. ГОСТ 20276-2012. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.
7. Шакиров К.С. Актуальность применения методов экспресс-контроля для оценки качества уплотнения крупнообломочных грунтов. Кемерово, Россия. 2014, 12-17.
8. Пат. RU 2601956 С2 РФ. Способ уплотнения крупнообломочных грунтов. Деникин Э.И., Нетеса Ю.Д., Шестопалов А.А. 10.11.2016.
9. Мищенко М.Л. Способ контроля качества уплотнения крупнообломочного грунта. Стройиздат. 2018, 127 с.
10. Петров Г.Н., Могильников Л.П. Способ определения оптимальной толщины слоя при уплотнении крупнообломочных грунтов укаткой. Стройиздат. 1993, 79 с.

11. Попов М.Л., Фонарев П.А. Контроль качества уплотнения насыпей, возводимых из крупнообломочных грунтов. М.: Транспорт. 2008, 25 с.
12. Балуев И.Б., Кошелев Н.В. Особенности технологии строительства земляного полотна из крупнообломочных грунтов, 2015.
13. Кроник Я.А., Погосян Р.Г. Способ возведения грунтовых сооружений, 2018.
14. Тиллоев К.З. Математическая модель процесса работы конусного раскатчика, 2019.
15. Белов В.Р. Конструкция прицепного пневмоколесного катка для уплотнения насыпных грунтов. 2021.
16. Бровко И.С. Определение максимальной плотности гравийно-песчаного грунта в лабораторных условиях, 2018.
17. Балыков Б.И. Градация крупнообломочных грунтов по уплотняемости механическими нагрузками. 2014.
18. Ибрагимов К., Артыкбаев Д.Ж., Байболов К.С., Противофильтрационные расчеты взрывонабросных плотин. Вестник КазГАСА, №2 (80), 2021.
19. Ибрагимов К., Артыкбаев Д.Ж., Алдияров Ж.А., Тагибаев А.Б., Исследование деформации слабых, рыхлых грунтов, May 2021 Germany.
20. Ибрагимов К., Артыкбаев Д.Ж., Байболов К.С., Опытные-лабораторные исследования суглинистых грунтов плотины Пскемской ГЭС, Вестник КазАТК, №2, 2021.
21. Ибрагимов К., Артыкбаев Д.Ж., Байболов К.С., Назаров К.И. Полевые деформационные штамповые опыты. №3, 2021.
22. Artykbaev D., K.S.Baibolov, H.Z. Rasulov, Stability Analysis of fine soils from a road project, M32 Samara-Shymkent (Russia - Kazakhstan). International Journal of GEOMATE. Dec. 2020. Vol 19. Issue 76. Pp 205-212.
23. Artykbaev D., H.Z.Rasulov, K.S.Baibolov, Influence of Soil Density and Moisture on Seismic Stability of Slope Structures, International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154, Volume 12, Number 8 (2019), pp. 1259-1262.
24. Расулов Х.З., Артыкбаев Д.Ж. Предельная нагрузка на основание плотин при сейсмическом колебании, Сборник статей по материалам XXI международной научно-практической конференции, «Технические науки: проблемы и решения», №3 (19), Москва 2019г.60-63с.
25. Шабаев С.Н., Крупина Н.В., Шаламанов В.А., Мартель Н.А., Штарк А.И., Метод косога среза для определения прочностных характеристик предварительно уплотненных крупнообломочных грунтов, 2020.
26. Пат. 1270700 СССР. Способ определения плотности крупнообломочных грунтов. Теплицкий А.Х., Роберман С.Р. Опубл. 15.11.1986. Бюл. №42.

References:

1. GOST 5180-84 Soils. Methods for laboratory determination of physical characteristics.
2. GOST 12536 Soils. Methods for laboratory determination of granulometric (grain) and microaggregate composition.
3. GOST 25100 Soils. Classification.
4. GOST 23278 "Soils. Permeability Field Test Methods".
5. GOST 12071-2000. Soils. Selection, packaging, transportation and storage of samples.
6. GOST 20276-2012. Soils. Methods for field determination of strength and deformability characteristics.
7. Shakirov K.S. The relevance of the use of express control methods to assess the quality of compaction of coarse soils. Kemerova, Russia. 2014, 12-17. (in Russ.)
8. Denikin E.I., Netesa Yu.D., Shestopalov A.A. (2016). The method of compaction of coarse soils [Sposob uplotneniya krupnooblomochnyh gruntov] Patent RU 2601956 C2 RF. (in Russ.)
9. Mishchenko M.L. Quality control method for compacting coarse soil, Stroizdat. 2018, 127 p. (in Russ.)

10. Petrov G.N., Mogilnikov L.P., Method for determining the optimal layer thickness when compacting coarse-grained soils by rolling. Stroizdat. 1993,79 p.
11. Popov M.L., Fonarev P.A. Quality control of compaction of embankments erected from coarse-grained soils. Transport. 2008, 25 p.
12. Baluev I.B., Koshelev N.V. Features of the technology of construction of subgrade from coarse-clastic soils, 2015
13. KronikYa.A., Pogosyan R.G. Method of erection of soil structures, 2018
14. Tilloev K.Z. Mathematical model of the process of the cone roller, 2019
15. Belov V.R. The design of a trailed pneumatic roller for compacting bulk soils. 2021
16. Brovko I.S. Determination of the maximum density of gravel-sand soil in laboratory conditions, 2018.
17. Balykov B.I. Gradation of coarse-grained soils in terms of compactability under mechanical loads. 2014
18. Ibragimov K., Artykbaev D.Zh., Baibolov K.S., Anti-seepage calculations of explosive dams, Bulletin of KazGASA No. 2 (80), 2021.
19. Ibragimov K., Artykbaev D.Zh., Aldiyarov Zh.A., Tagibaev A.B., Study of the deformation of weak, loose soils, May 2021 Germany
20. Ibragimov K., Artykbaev D.Zh., Baibolov K.S., Experimental and laboratory studies of loamy soils of the Pskemskaya HPP dam, Bulletin of KazATK, No. 2, 2021.
21. Ibragimov K., Artykbaev D.Zh., Baibolov K.S., Nazarov K.I. Field deformation stamping experiments. No. 3, 2021.
22. Artykbaev D., K.S. Baibolov, H.Z. Rasulov, Stability Analysis of fine soils from a road project, M32 Samara-Shymkent (Russia - Kazakhstan). International Journal of GEOMATE. Dec. 2020. Vol 19. Issue 76. Pp 205-212.
23. Artykbaev D., H.Z. Rasulov, K.S. Baibolov, Influence of Soil Density and Moisture on Seismic Stability of Slope Structures, International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154, Volume 12, Number 8 (2019), pp. 1259-1262.
24. Rasulov Kh.Z., Artykbaev D.Zh., Ultimate load on the foundation of dams during seismic vibration, Collection of articles based on the materials of the XXI International Scientific and Practical Conference, "Technical Sciences: Problems and Solutions", No. 3 (19), Moscow 2019.60-63s.
25. Shabaev S.N., Krupina N.V., Shalamanov V.A., Martel N.A., Shtark A.I., Oblique cut method for determining the strength characteristics of pre-compacted coarse soils, 2020.
26. Teplitsky A.Kh., Roberman S.R (1986). Method for determining the density of coarse soils [Sposob opredeleniya plotnosti krupnooblomochnyh gruntov] Patent 1270700 Soviet Union (in Russ.)

К.С. Байболов¹, Д.Ж. Артыкбаев^{1*}, К. Ибрагимов², К.И. Назаров³

¹Ж. Ташенев атындағы университет, Шымкент, Қазақстан

²М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

³Гидропроект АҚ, Ташкент, Өзбекстан

Авторлар жайлы ақпарат:

Байболов Канат Сейтжанович – т.ғ.к., доцент, Ж. Ташенев атындағы университет, Шымкент, Қазақстан
<https://orcid.org/0000-0003-1293-6482>, email:kanat-bai@mail.ru

Артыкбаев Дархан Жаксылыкович – PhD, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-4794-8707>, email: artykbaev_d@mail.ru

Ибрагимов Кудайберген – т.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-6557-4484>, email: info@ukgu.kz

Назаров Камол Иноятович – PhD докторы, Гидропроект АҚ, Ташкент, Өзбекстан

ГРУНТТЫ ҮЙМЕРЕТТЕР ҚҰРЫЛЫСЫНДА ЗЕРТХАНАЛЫҚ-ДАЛАЛЫҚ ЖАҒДАЙДАҒЫ САЗДЫ ГРУНТТАРДЫҢ ТЫҒЫЗДЫҒЫ МЕН ДЕФОРМАЦИЯСЫН ТӘЖІРИБЕЛІ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл жұмыста грунттың максимал тығыздығы мен оңтайлы ылғалдылығы және грунттың пластикалық санын анықтаудың нәтижелері берілген. Сонымен бірге карьердегі грунттың ылғалдылығын азайтудың ең тиімді әдістерін зерттеп анықтау нәтижелері келтірілген.

Одан тыс бұл жұмыста карьердегі грунтты өңдеу жұмыстары, тығыздалмаған грунт қабат қалыңдығын анықтау тығыздаушы механизмдерді, олардың, бір ізбен жүру санын таңдау болып табылады. Сонымен қатар, бұл ғылыми жұмыста грунттың құрғақ күйіндегі тығыздығын тәжірибе өткізетін нысандарда анықтау әдістері қарастырылған.

Түйін сөздер: максималды тығыздық, ылғалдылық, далалық жағдайлардағы тәжірибе, грунт, инженерлік геологиялық жұмыстар, гранулометриялық құрамы, тығыздалған қабат биіктігі (қалыңдығы).

K.S. Baibolov¹, D.Zh. Artykbaev¹, K. Ibragimov², K.I. Nazarov³

¹University named after Zh.Tasheneva

²South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

³JSC Hydroproject, Tashkent, Uzbekistan

Information about authors:

Байболов Канат Сейтжанович – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, University named after Zh. Tasheneva, Shymkent, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-1293-6482>, email: kanat-bai@mail.ru

Artykbaev Darkhan Zhaksylykovich – PhD, University named after Zh. Tasheneva, Shymkent, Kazakhstan
<https://orcid.org/0000-0003-4794-8707>, email: artykbaev_d@mail.ru

Ibragimov Kudaibergen – South Kazakhstan University. M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-6557-4484>, email: info@ukgu.kz

Nazarov Kamol Inoyatovich – JSC Hydroproject Head of VET, doctor PhD, Uzbekistan. JSC Hydroproject, Uzbekistan

EXPERIMENTAL-EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DENSITY AND DEFORMATION OF LOAMY SOILS OF SOIL STRUCTURES

Abstract. This paper presents the results of determining the optimal moisture content and the maximum density of the plasticity number of loamy soil, the results of studies and experiments to determine the most promising ways to reduce quarry soil moisture.

In addition, the results of studies on the development of a quarry, determination of the thickness of an uncompacted layer, the choice of a compaction mechanism, the number of passes along one track, the determination of the density of dry soil in the proposed experimental field areas during the backfilling of the dam, and graphs of the required densities are presented.

Keywords: maximum density, humidity, field conditions, soil, engineering and geological work, granulometric composition, height.