

МРНТИ 67.13.21

Н.Г. Мамаев | ©



Канд. техн. наук, доцент

ORCID

<https://orcid.org/0000-0001-7743-6222>

Поволжский государственный технологический университет



г. Йошкар-Ола, РФ

matayev_ng@mail.ru<https://doi.org/10.55956/QQJB2374>

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ УПЛОТНЕНИЯ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА УДАРНОЙ НАГРУЗКОЙ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. Представлены закономерности уплотнения образцов супеси при действии постоянной и линейно-возрастающей ударной нагрузки. Установлено, что между деформационными параметрами грунта и энергетическими параметрами ударной нагрузки имеют место устойчивые корреляционные зависимости. Выявлено, что градиент удара при постоянном режиме приложения нагрузки в 1,29-518,7 раза выше, чем при линейно-возрастающем режиме, что свидетельствует о высокой эффективности линейно-возрастающего режима по затратам энергии удара на единицу объема деформации грунта.

Ключевые слова: супесь, образец, ударная нагрузка, режим приложения, градиент, объем, глубина, энергия.



Мамаев, Н.Г. О закономерностях уплотнения глинистого грунта ударной нагрузкой для возведения строительных объектов [Текст] / Н.Г. Мамаев // *Механика и технологии / Научный журнал.* – 2022. – №4(78). – С.12-18.
<https://doi.org/10.55956/QQJB2374>

Введение. Известно, что уплотнение грунтов для возведения зданий и сооружений производится под воздействием статических, вибрационных и ударных нагрузок [1-3]. Но, несмотря на это в практике инженерного грунтоведения параметры уплотнения грунтов оцениваются при воздействии на них ударных нагрузок с постоянным режимом приложения [4]. Уплотнение грунтов путем сбрасывания трамбовки с одной и той же постоянной высоты, несомненно, имеет место в строительстве, но наряду с этим режимом довольно часто используется также режим приложения нагрузки, при котором трамбовка сбрасывается с разной, но возрастающей высоты [5,6]. Возрастающий режим приложения нагрузки, в отличие от постоянного режима приложения нагрузки, соответствует характеру изменения сопротивляемости грунта по мере его уплотнения. Иными словами, при малой высоте сбрасывания трамбовки, силы сопротивления грунта также небольшие, а с увеличением высоты сбрасывания трамбовки (по мере уплотнения грунта) они существенно увеличиваются. Следовательно, возрастающий режим приложения ударной нагрузки должен быть более эффективен, чем постоянный режим приложения нагрузки. К сожалению, в настоящее время данные, подтверждающие или опровергающие эти

предположения, отсутствуют, что послужило поводом для проведения соответствующих исследований.

Условия и методика исследований. Эксперименты выполнялись в приборе стандартного уплотнения [4] с образцами глинистого грунта. В таблице 1 представлены физические характеристики грунта, подвергнутого испытанию.

Таблица 1

Физические характеристики грунта

Вид грунта	Плотность частиц грунта, т/м ³	Влажность на границе раскатывания, %	Влажность на границе текучести, %	Оптимальная влажность, %
супесь	2,70	16-18	20-22	15

В таблице 2 приведены параметры режимов приложения ударной нагрузки на образцы грунта. Как видно из таблицы режимы приложения отличаются только высотой сбрасывания ударного элемента (груза) при одинаковом значении полной потенциальной энергии ударов, равной 0,9 Дж.

Таблица 2

Параметры режимов приложения ударной нагрузки

Вид режима приложения ударной нагрузки	Масса ударного элемента, кг	Высота сбрасывания ударного элемента, см		Общее количество ударов элемента
		мини-мальная	макси-мальная	
Постоянный (ПН)	5,0	25	25	72
Переменный линейно-возрастающий (ПЛВ)	5,0	15	35	72

При линейно-возрастающем режиме приложения нагрузки высота сбрасывания изменялась при каждом ударе.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что как при постоянном, так и при линейно-возрастающем режиме между глубиной понижения поверхности грунта и количеством ударов элемента, наносимых по нему, существует определенная зависимость. При постоянном режиме приложения ударной нагрузки эта зависимость достаточно хорошо описывается полиномиальной функцией 3-го порядка (рис. 1), а при линейно-возрастающем режиме – полиномиальной функцией 2-го порядка (рис. 2).

Зависимости, представленные на рисунках 2 и 3, математически выражаются в виде

$$h_p = 9E - 0,5n^3 - 0,0127n^2 + 0,5625n + 7,7926, \quad (1)$$

$$h_p = -0,00026n^2 + 0,4084n + 4,0299 \quad (2)$$

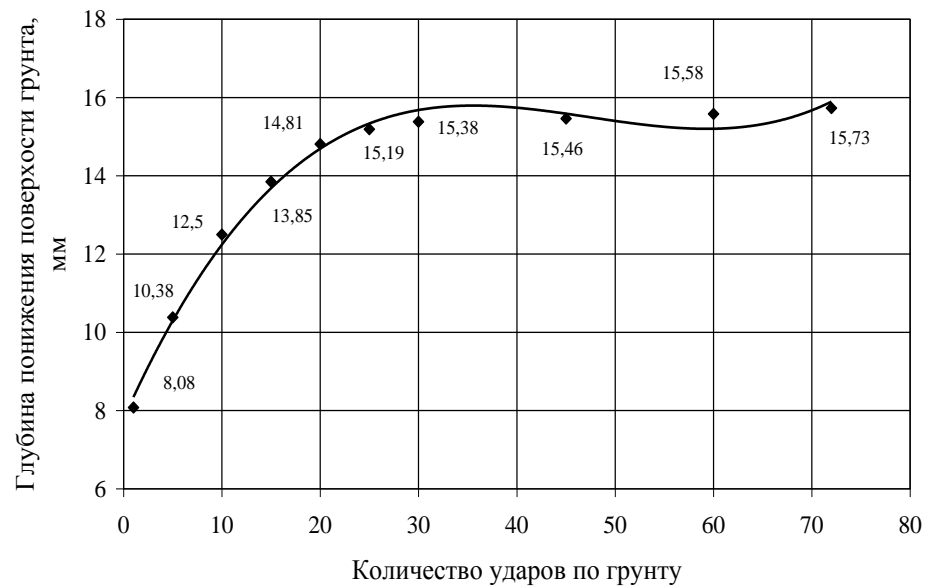


Рис. 1. Зависимость глубины понижения поверхности грунта от количества ударов элемента при постоянном режиме приложения нагрузки

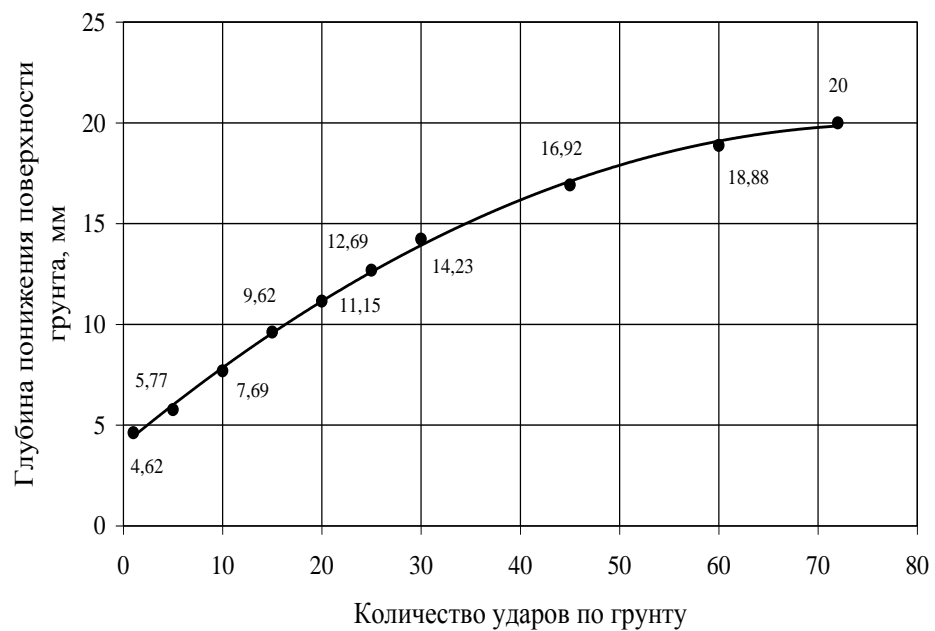


Рис. 2. Зависимость глубины понижения поверхности грунта от количества ударов элемента при линейно-возрастающем режиме приложения нагрузки

где h_p - глубина понижения поверхности образца грунта при ударах элемента, мм; n - количество ударов элемента, нанесенного по образцу грунта.

Формула (1) относится к постоянному режиму приложения ударной нагрузки, а формула (2) – к линейно-возрастающему режиму приложения нагрузки. Величина достоверности аппроксимации данных R^2 по формуле (1) составляет 0,9921, а по формуле (2) – 0,9987.

Для сравнительной оценки энергоемкости процессов уплотнения грунта при разных режимах приложения ударной нагрузки на основе экспериментальных данных построены графики зависимости между потенциальной энергией ударов и объемом деформации образца грунта. При постоянном режиме приложения ударной нагрузки эта зависимость достаточно хорошо описывается полиномиальной функцией 3-го порядка (рис. 3), а при линейно-возрастающем режиме – полиномиальной функцией 2-го порядка (рис. 4).

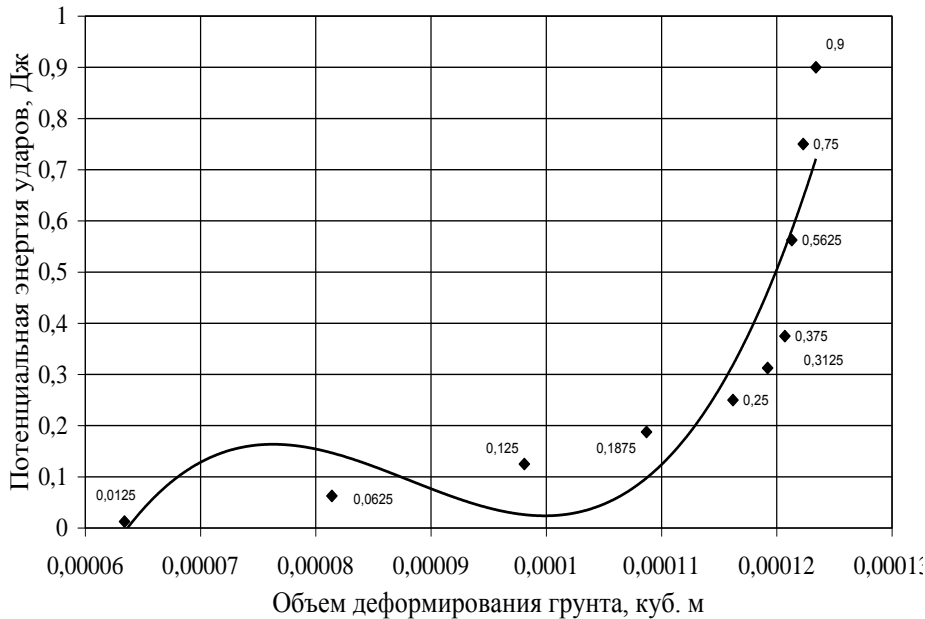


Рис. 3. Зависимости между потенциальной энергией ударов и объемом деформации образца грунта при постоянном режиме приложения нагрузки

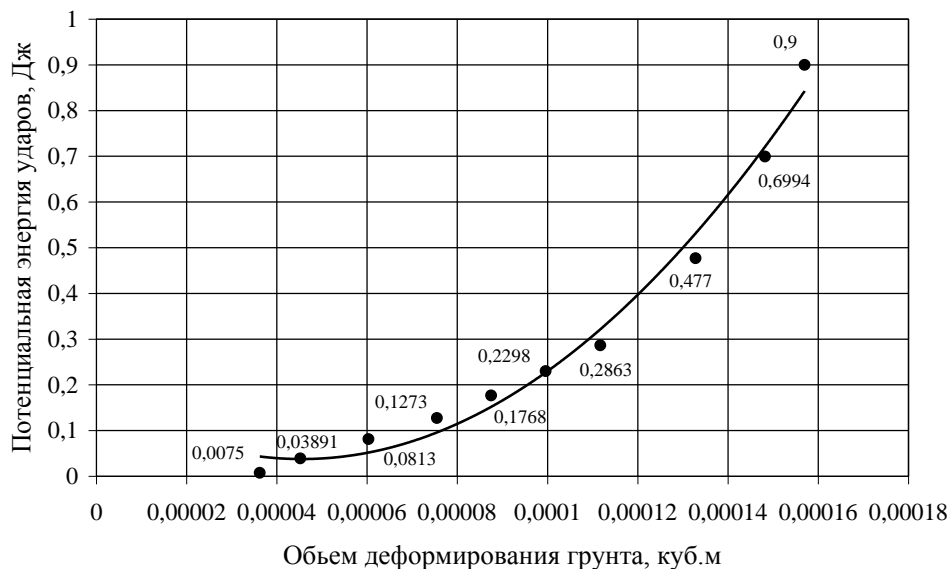


Рис. 4. Зависимости между потенциальной энергией ударов и объемом деформации образца грунта при линейно-возрастающем режиме приложения нагрузки

Зависимости, представленные на рисунках 3 и 4, математически выражаются в виде

$$\mathcal{E}_p = 2E + 13V_n^3 - 6E + 0,9V_n^2 + 488426V_n - 13,723, \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_p = 6E + 0,7V_n^2 - 5893,8V_n + 0,1718 \quad (4)$$

где \mathcal{E}_p - суммарная потенциальная энергия ударов элемента по грунту, Дж; V_n - суммарный объем деформирования грунта (суммарный объем понижения поверхности грунта), соответствующий энергии ударов \mathcal{E}_p , м³.

Для сравнительной оценки эффективности единичного удара при разных режимах приложения нагрузки введено понятие о градиенте удара, которое представляет собой отношение потенциальной энергии единичного удара к объему деформирования (объему понижения поверхности) грунта при данном ударе. По вычисленным значениям градиента удара построены диаграммы, характеризующие их изменение в процессе уплотнения грунта (рис. 5 и 6).

Заключение. На основе сопоставлений полученных данных установлено, что градиент удара при постоянном режиме приложения нагрузки в 1,29-518,7 раза выше, чем при линейно-возрастающем режиме, что свидетельствует о высокой эффективности линейно-возрастающего режима по затратам энергии удара на единицу объема деформации грунта.

Корреляционные зависимости (1) – (4) рекомендуются использовать для прогноза параметров процесса уплотнения образцов супеси, при соответствующих режимах приложения ударной нагрузки.

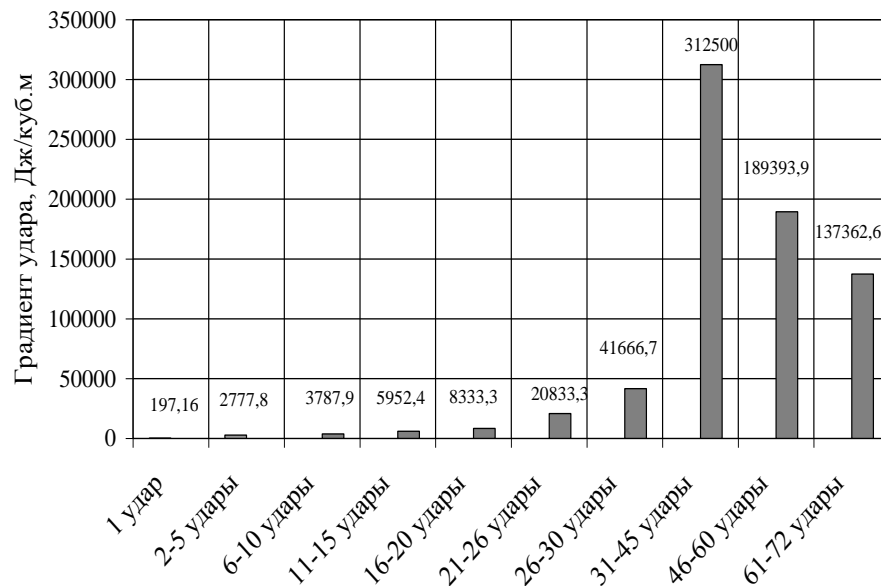


Рис. 5. Изменение градиента удара в процессе уплотнения грунта при постоянном режиме приложения нагрузки

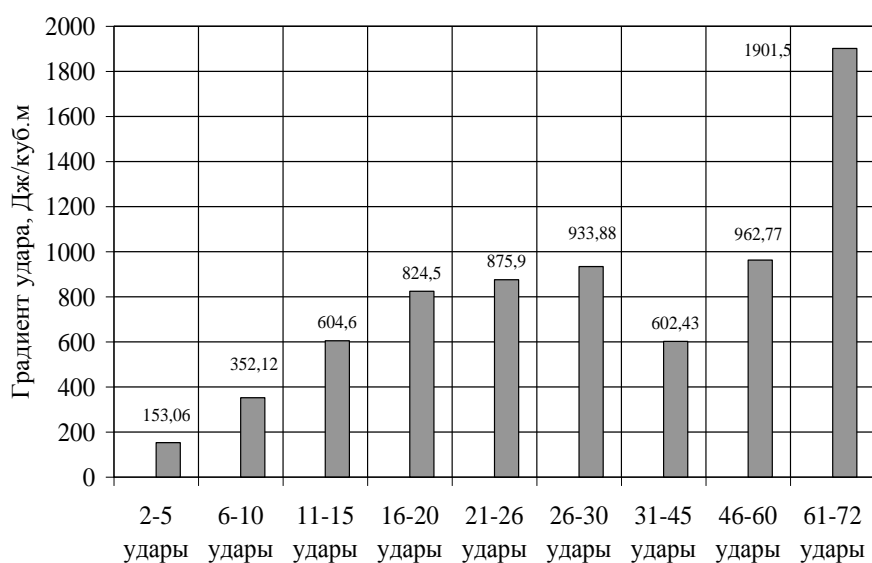


Рис. 6. Изменение градиента удара в процессе уплотнения грунта при линейно-возрастающем режиме приложения нагрузки

Список литературы

1. Цытович, Н.А. Основания и фундаменты [Текст] / Н.А. Цытович, В.А. Веселов, П.Г. Кузьмин, В.И. Феронский [и др.]. – М.: Госстройиздат, 1959. – 452 с.
2. Рыжов, А.М. Определение прочности и деформативности грунтов в строительстве [Текст] / А.М. Рыжов. – Киев: Будівельник, 1976. – 134 с.
3. Горбунов-Посадов, М.И. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика [Текст] / М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов, П.А. Коновалов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
4. МС ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности [Текст]. – М.: МНТКС, 2003. – 12 с.
5. Галактионов, В.И. Осадки многоэтажных зданий на фундаментах в вытрамбованных котлованах с уширенным основанием [Текст] / В.И. Галактионов, А.А. Сдобников, О.В. Лобанов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1986. – №6. – С.19-21.
6. Багдасаров, Ю.А. Опыт сельскохозяйственного и жилищного строительства на фундаментах в вытрамбованных котлованах с уширенным основанием [Текст] / Ю.А. Багдасаров, А.П. Пичугин, В.И. Ефимов, Ю.Г. Симонов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1987. – №3. – С.7-9.

Материал поступил в редакцию 20.12.22.

Н.Г. Мамаев

Поволжье мемлекеттік технологиялық университеті, Йошкар-Ола қ., РФ

ҚҰРЫЛЫС НЫСАНДАРЫН ТҰРҒЫЗУ ҮШІН САЗДЫ ТОПЫРАҚТЫ СОҚҚЫЛЫҚ ТЫҒЫЗДАУДЫҢ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ ТУРАЛЫ

Аңдатпа. Тұрақты және сызықты өсетін соққы жүктемесінің әсерінен құмды саз үлгілерінің тығыздалу заңдылықтары берілген. Топырақтың деформациялық параметрлері мен соққы жүктемесінің энергетикалық параметрлері арасында тұрақты корреляция бар екені айқындалды. Тұрақты жүктемені қолдану режиміндегі

соққы градиенті сызықты өсу режиміне қарағанда 1,29-518,7 есе жоғары екендігі анықталды, бұл топырақ деформациясының көлемі бірлігіне әсер ету энергиясының шығыны бойынша сызықты өсу режимінің жоғары тиімділігін көрсетеді.

Тірек сөздер: құмды саз, үлгі, соққы, қолдану режимі, градиент, көлем, тереңдік, энергия.

N.G. Mamaev

Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

ON REGULARITIES OF COMPACTION OF CLAY SOIL BY IMPACT LOAD FOR THE CONSTRUCTION OF BUILDING OBJECTS

Abstract. The regularities of compaction of sandy loam samples under the action of a constant and linearly increasing impact load are presented. It has been established that there are stable correlations between the deformation parameters of the soil and the energy parameters of the impact load. It was found that the impact gradient in the constant load application mode is 1.29-518.7 times higher than in the linearly increasing mode, which indicates the high efficiency of the linearly increasing mode in terms of impact energy costs per unit volume of soil deformation.

Keywords: sandy loam, sample, shock load, application mode, gradient, volume, depth, energy.

References

1. Tsytoovich N.A., Veselov V.A., Kuzmin P.G., Feronsky V.I., etc. Osnovaniya i fundamenty [Bases and foundations]. – Moscow: Gosstroyizdat, 1959. – 452 p. [in Russian].
2. Ryzhov A.M. Opredeleniye prochnosti i deformativnosti gruntov v stroitel'stve [Determination of the strength and deformability of soils in construction]. - Kyiv: Budivel'nik, 1976. - 134 p. [in Russian].
3. Gorbunov-Posadov M.I., Il'ichev V.A., Krutov V.I., Konovalov P.A. and other Osnovaniya, fundamenti i podzemnyye sooruzheniya. Spravochnik proyektirovshchika [Bases, foundations and underground structures. Designer's Handbook]. – Moscow: Stroyizdat, 1985. – 480 p. [in Russian].
4. MS GOST 22733-2002. Grunty. Metod laboratornogo opredeleniya maksimal'noy plotnosti [Soils. Method for laboratory determination of maximum density]. - Moscow: MNTKS, 2003. - 12 p. [in Russian].
5. Galaktionov V.I., Sdobnikov A.A., Lobanov O.V. Osadki mnogoetazhnykh zdaniy na fundamentakh v vytrambovannykh kotlovanakh s ushirennym osnovaniyem [Settlements of multi-storey buildings on foundations in tamped pits with a broadened base] // Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov [Bases, foundations and soil mechanics]. - 1986. –No.6. - P.19-21. [in Russian].
6. Bagdasarov Yu.A., Pichugin A.P., Efimov V.I., Simonov Yu.G. Opyt sel'skokhozyaystvennogo i zhilishchnogo stroitel'stva na fundamentakh v vytrambovannykh kotlova-nakh s ushirennym osnovaniyem [Experience of agricultural and housing construction on foundations in rammed pits with a broadened base] // Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov [Bases, foundations and soil mechanics]. - 1987. - No. 3. – P.7-9. [in Russian].