

УДК 625.731.

**ИЗМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ НА
ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МНОГОКРАТНЫХ И
КРАТКОВРЕМЕННЫХ НАГРУЗОК**

ст. преп., (PhD) Д.А.Каюмов

*Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Республика
Узбекистан)*

студент гр. УМАС-6 Shaxzod Rajabov

*Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Республика
Узбекистан)*

Аннотация: Проанализировано определения влияния многократных и кратковременных нагрузок на физико-механические свойства, в том числе прочностных и деформационных характеристик уплотненных засоленных грунтов. Проведено лабораторные исследования с засоленными супесчаными грунтами хлоридно-сульфатного засоления. Лабораторные эксперименты показали, что с увеличением количества воздействия циклических и кратковременных нагрузок на грунт увеличиваются остаточные деформации, плотность и модуль осадки, а пористость, коэффициент пористости, прочностные и деформационные характеристики грунта уменьшаются.

Ключевые слова: автомобильная дорога, земляное полотно, засоленный грунт, свойства грунта, расчетная характеристика, многократная и кратковременная нагрузка, остаточная деформация;

Abstract: The determination of the influence of repeated and short-term loads on the physical and mechanical properties, including the strength and deformation characteristics of compacted saline soils, is analyzed. Laboratory studies were carried out with saline sandy loam soils of chloride-sulfate salinity. Laboratory experiments have shown that with an increase in the amount of exposure to cyclic and short-term loads on the soil, residual deformations, density and settlement modulus increase, and porosity, porosity coefficient, strength and deformation characteristics of the soil decrease.

Key words: highway, roadbed, saline soil, soil properties, design characteristics, repeated and short-term load, residual deformation;

При проектировании и строительстве линейных сооружений, железных и автомобильных дорог проблема использование засоленных грунтов имеет важное значение. Наличие солей влияет на свойства грунтов и снижает возможности их использования в земляном полотне. Особенно сильно сказывается влияние солей при значительном их содержании на их расчетные характеристики.

Наблюдения за службой автомобильных дорог, построенных на засоленных грунтах, показали, что различные соли действует на расчетные характеристики грунтов по-разному. Поэтому в настоящее время изучение этих характеристик таких грунтов считается актуальной задачей.

Основным фактором образования засоленных грунтов являются минерализованные грунтовые воды и засоленные породы, залегающие близко к поверхности. Основное условие засоления - это невозможность протока воды местами и то, что процесс испарения превышает количества осадков. Поэтому засоленные грунты встречаются на водонепроницаемых равнинах, пустынях, полупустынях и холмистых местах [1].

В природных условиях Узбекистана встречаются грунты с различными и качественными составом солей. Наиболее распространенные соли, участвующие в засолении: NaCl , $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NaHCO_3 , $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 и $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [2].

При строительстве дорог земляное полотно должно служить надежным фундаментом дорожной одежды, обеспечить ее прочность и долговечность независимо от местных почвенных, гидрологических, климатических и других факторов. Транспортно-эксплуатационные характеристики дороги в месте залегания засоленных грунтов должны быть такими же, как и для дороги в целом. Поэтому в настоящее время существуют правила при изыскании, проектировании и строительстве автомобильной дороги на засоленных грунтах для достижения этих целей.

Наблюдения и анализ литературных источников по строительству дорог показывает, что расчетные характеристики уплотненных дисперсных грунтов, таких как глинистые, песчаные, лёссовые, также зависят от состояния многократных и кратковременных транспортных нагрузок [5].

Анализ литературы по “Грунтоведению” и “Механики грунтов” показывают, что состояние грунтов при воздействии многократном кратковременной нагрузки можно представить следующим образом [5, 6]:

- при действующих касательных напряжениях, меньших порога накопления остаточные деформации практически не накапливаются;
- при касательных напряжениях, больших порога накопления, но меньших некоторого значения, которое можно назвать прочностью при многократном нагружении, происходит накопление остаточных деформаций с увеличением числа приложений нагрузки в соответствии с некоторым законом;
- при касательных напряжениях, больших прочности при многократном нагружении интенсивность накопления резко возрастает, что свидетельствует о постепенном разрушении грунта.

Рабочий слой земляного полотна (активный слой) находится под воздействием кратковременных многократных нагрузок, а также водно-теплого режима земляного полотна. Результаты исследования показали что, в условиях Узбекистана основные источники влаги в рабочем слое на орошаемых территориях тесно связаны с орошением и режимом подземных вод.

Для определения влияния многократных и кратковременных нагрузок на прочностные и деформационные свойства засоленных грунтов были проведены соответствующие лабораторные и натурные исследования на опытных участках [6, 7].

Опыты проводились на засоленных грунтах под воздействием многократных кратковременных нагрузок в лаборатории «Геотехнология» кафедры «Гидрогеологии и инженерной геологии» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова и в специальной дорожной лаборатории Научно-исследовательского института автомобильных дорог. Химический состав грунтов определялся в химической лаборатории ГП «ГИДРОИНГЕО» и ГУП «O'ZGASHKLITI». Полевые исследования проведены на автомобильной дороге государственного значения II категории 4P25- «А373 автодорога - к. Сайхун. – г. Бахт - Граница Республики Казахстан» в 43-45 км в Сырдарьинской области и на автомобильной дороге местного значения IV категории 4K261-«4R38 автодорога - граница Республики Казахстан» в 3-5 км в Джизакской области.

В лабораторных условиях при влажности $W = W_{\text{опт}}$ и коэффициенте уплотнения 0,94; 0,96; 0,98; 1,00 были приготовлены образцы, затем они были увлажнены до содержания влаги $0,55W_T \div 0,75W_T$ с использованием арретира. Перед приложением кратковременной многократной нагрузки на образцы, под статической нагрузкой при $N=0$, определены их расчетные характеристики: сила сцепления C , угол внутреннего трения ϕ и модуль упругости E [8].

В результате анализа процесса работы рабочего слоя земляного полотна, под воздействием многократных кратковременных нагрузок на участках с засоленными

грунтами была сформирована схема, описывающая механические свойства засоленных грунтов и их взаимосвязь (рисунок 1).

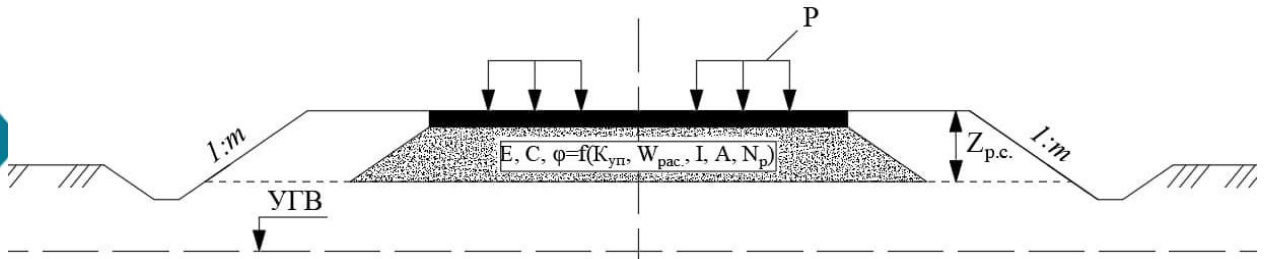


Рис.1. Схема земляного полотна из засоленного грунта в поперечном профиле

P – нагрузка от колеса автомобиля на дорожную одежду; $Z_{p.c.}$ – рабочий слой, м; УГВ – уровень грунтовых вод, м; E – модуль упругости, МПа; φ – угол внутреннего трения, град; C – сила сцепления, МПа; K_y – коэффициент уплотнения, характеризующий плотность грунтов земляного полотна; $W_{расч}$ – расчетная влажность грунтов на момент испытаний; I – тип засоления; A – количество засоления; N_p – число многократных кратковременных нагрузок воздействующих на покрытие от транспортных средств.

Анализ приведенного на рис.1 конструктивного решения показывает, что используемые при проектировании конструкции дорожных одежд прочностные и деформационные показатели засоленных грунтов зависят от его плотности, влажности, типа и количества солей, а также количества кратковременного многократного воздействия нагрузки. Эту функциональную зависимость можно записать по следующему:

$$\left. \begin{aligned} E &= f_1(K_y, W_{расч}, I, A, N_p); \\ C &= f_2(K_y, W_{расч}, I, A, N_p); \\ \varphi &= f_3(K_y, W_{расч}, I, A, N_p), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Исходя из целей, была изучена влияние значений K_y , $W_{расч}$, I , A и N_p , приведенных в формуле (1), на показатели прочности C , φ и деформации E отдельно и вместе.

После обработки результатов, полученных при испытании засоленных грунтов с повторным нагружением, был построен график относительной остаточной деформации от величины вертикальной и кратковременной многократной приложении нагрузки ($\lg N_p$). На рисунке 2 показаны результаты испытаний засоленного грунта при различных значениях повторяющейся вертикальной нагрузки, когда влажность образца составляет $W = 0,6W_T$, $K_y=1,0$, $f = 1$ Гц.

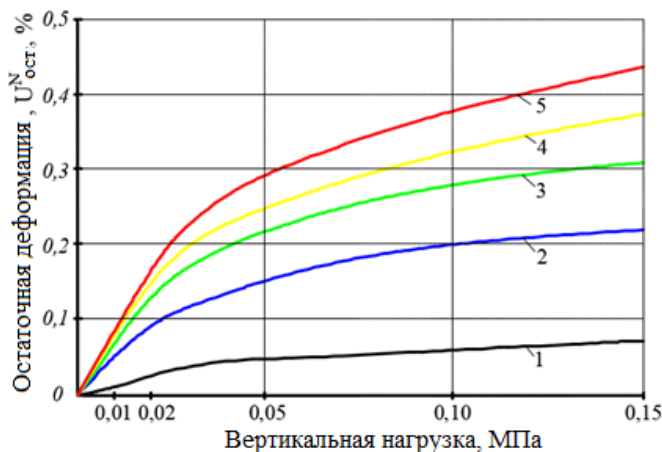


Рис. 2. Зависимость остаточной деформации от вертикальной нагрузки и количества кратковременной многократной нагрузки:

$W=0,60W_T$; $\gamma_{ск}=1,77 \text{ г/см}^3$; $f=1 \text{ Гц}$; 1- $N=10^2$; 2- $N=10^3$; 3- $N=10^4$;
4- $N=10^5$; 5- $N=10^6$

В зависимости от состояния засоленного грунта и величины кратковременной нагрузки кривая «остаточной деформации» состоит сначала из возрастающих, а затем убывающих кривых.

Зависимость суммы остаточных деформаций от величины кратковременного нагружения определялась методом наименьших квадратов и выглядит таким образом:

$$U_{кол}^{(N)} = U_{кол}^1 + \alpha \lg N \quad (2)$$

где $U_{кол}^{(N)}$ - относительная остаточная деформация после N нагружений; $U_{кол}^1$ - то же после однократного приложения нагрузки; α - коэффициент отражающий интенсивности накопления остаточной деформации.

Коэффициент отражающий интенсивности накопления остаточной деформации увеличивается с увеличением вертикальной нагрузки и количеством его приложения. Значения расчетных характеристик засоленных грунтов при воздействии многократных кратковременных нагрузок меньше, чем при воздействии статических нагрузок, и зависят от вида и количества соли, плотности-влажности и количества приложения нагрузок [9]. Выяснилось, что обеспечить прочность и долговечность земляного полотна из засоленных грунтов расчетные характеристики (E_N , ϕ_N и C_N) грунтов под воздействием многократных кратковременных нагрузок были относительно малыми по сравнению со значениями E , ϕ и C , приведенными в нормативном документе МКН 46-2008. По этому, при расчете нежёских дорожных одежд на участках распространения засоленных грунтов, т.е. применение на практике, приводит к снижению прочности дорожной конструкции по сравнению с требуемой, а срок служба дорожного покрытия будет меньше, чем нормативный.

Литература:

1. Ўзбекистон Республикаси тупроқ қопламлари атласи. – Тошкент, «Ергеодезкадастр» давлат қўмитаси, 2010 й.
2. А.Д. Каюмов “GRUNTSНUNOSLІK” – Toshkent 2018 y.-116 b.
3. Научно-технический отчет по теме «Опытно-производственная проверка результатов исследований и разработка устойчивых конструкций земляного полотна из засоленных грунтов различного качества и количества в условиях Узбекистана». - Ташкент, 2014 г., ч. 3, – 154 с.
4. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010 [Текст]: монография / Г.Г. Болдырев. 2-е изд., доп. и испр. – М.: ООО «Прондо», 2014. – 812 с.
5. Казарновский В.Д. Основы инженерной геологии, дорожного грунтоведения и механики грунтов (Краткий курс). – М.: 2007. - 284 с.
6. Добров Э.М. Механика грунтов. – М.: Академия, 2008. - 272 с.
7. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Метод лабораторного определения физических характеристик.
8. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Метод лабораторного определения.
9. Худайкулов Р.М. Шўрланган грунтли йўл пойи кўтармасининг ҳисобий тавсифларини асослаш: Т.ф.б.ф.д. (PhD) илмий даражасини олиш учун тайёрланган диссертация. – Т. ТАЙЛҚЭИ, 2018.-133 б.
10. А. Каюмов, Р. Худайкулов, Д. Каюмов «Теория влияния кратковременных многократных нагрузок на прочностные и деформационные свойства уплотненного засоленного грунта» Журнал «Транспорт шёлкового пути» - Т.: Выпуск №3 2020 г. 70 стр.