

угол внутреннего трения, град; Z_a - активная зона, м; n_0 - ширина обочины, м; i - уклон обочины; УГВ - уровень грунтовых вод.

По предложенной схеме активная зона находится на некотором расстоянии ниже от поверхности покрытия дороги и выше от уровня грунтовых вод. В данном случае увлажнение происходит за счет капиллярного поднятия грунтовых вод. Уровень грунтовых вод может меняться во времени.

Анализ схемы приведенной на рис.3 даёт возможность написать следующее выражение, в котором видно, что прочностные, в том числе и деформационные показатели засоленных грунтов, которые используются при проектировании конструкции дорожной одежды зависят от плотности, влажности, степени засоления, а также от вида солей:

$$\varphi, c, E = f(K_{yn}, W_{pac}, N, A);$$

где, K_{yn} - коэффициент уплотнения грунтов; W_{pac} - расчетная влажность, %; N - степень засоления; A - вид солей.

Литература

1. Уроқов А.Х. Ўзбекистон Республикаси ҳудудини йўлга оид туманлаштиришнинг методологик асослари. Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси автореферати. Тошкент-2020 й. 60 б.
2. Каюмов А.Д., Худайкулов Р.М. Расчетные характеристики засоленных грунтов. "Строительная механика инженерных конструкций и сооружений" Журнал №2 Москва-2016 г. с. 68-75.
3. Kayumov Abdubaki, Hudaykulov Rashidbek, Makhmudova Dilfuza, Kayumov Dilshod. Impact of repeated loads on saline soils of earth roadbed. E3S Web of Conferences 264, 02010 (2021) CONMECHYDRO-2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402010>
4. Борьба с деградацией земель для обеспечения продовольственной безопасности и сохранения услуг, предоставляемых почвенными экосистемами, в Европе и Центральной Азии-Международный год почв, Будапешт, Венгрия, 22 и 23 сентября 2015 г.
5. Научно-технический отчет по теме «Теоретическое и практическое исследование влияния различного качества и количества солей в грунте на их водно-физические и механические свойства». – Ташкент, 2012. – Ч.1. - 90 с.
6. Худайкулов Р.М. «Обоснование расчетных характеристик засоленных грунтов насыпей земляного полотна». Диссертация на доктора философии (PhD) по техническим наукам. Ташкент-2018 г. 134 с.

УДК 625.76.031

К ВОПРОСУ УТОЧНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Р. М. Худайкулов, Д.А. Махмудова, Рахмонов Ж.Ф.
Ташкентский государственный транспортный университет,
100167, г. Ташкент, Мирабадский район, ул. Темирийулчилап 1, rektorat@tstu.uz

В данной статье приведена расчетная схема дорожной насыпи для определения расчетных показателей дорожных насыпей из засоленных грунтов в условиях Узбекистана. А также приведены результаты изучения влияния накопления солей на расчетные показатели грунта земляного полотна, графическое изображение зависимости прочностных показателей засоленного грунта от количества засоления и влажности.

Ключевые слова: грунт, расчетная схема, засоление, земляное полотно, насыпь, автомобильная дорога, коэффициент уплотнения, соль, увлажнение, плотность, уплотнение.

В Узбекистане орошаемые земли составляют 1970,7 тысяч гектаров площади, из них 50% приходится на вновь усваиваемых земель. В частности, 75% земель в различной степени засолены, слабо засоленные грунты составляют 1117,7 тысяч гектаров, средnezасоленные 611,2 тысяч, сильно засоленные составляют 241,6 тысяч гектаров земли, и они широко используются при строительстве земляного полотна автомобильных дорог (рис.1.) [1, 2].



Рис.1 Карта распространения засоленных грунтов по территории Республики Узбекистан

Засоленные грунты, которые используются для насыпи автомобильных дорог в Узбекистане, слагают из солончаков, солоди, солонцы, такыры, которые различаются составом и содержанием легкорастворимых солей. Они в большинстве случаев формируются на пониженных элементах рельефа: шлейфах склонов, низменностях, берегах соленых озер и лиманов, во впадинах на поймах, в днищах степных блюдц суффозионного происхождения, где минерализованные воды стоят близко к земной поверхности (1 - 3 м) [3-4]. Грунты рабочих слоев дорожных насыпей в первую очередь, находятся в напряжённом состоянии под воздействием нагрузок от транспортных средств и под влиянием водно-теплового режима. Исследования водного режима земляного полотна на орошаемых районах показали, что источниками увлажнения рабочих слоев дороги является режим орошения полей и режим подземных вод [4-7].

Исходя из выше указанных соображений, для определения расчетных показателей дорожных насыпей из засоленных грунтов в условиях Узбекистана предложена схема приведенная на рис. 2.

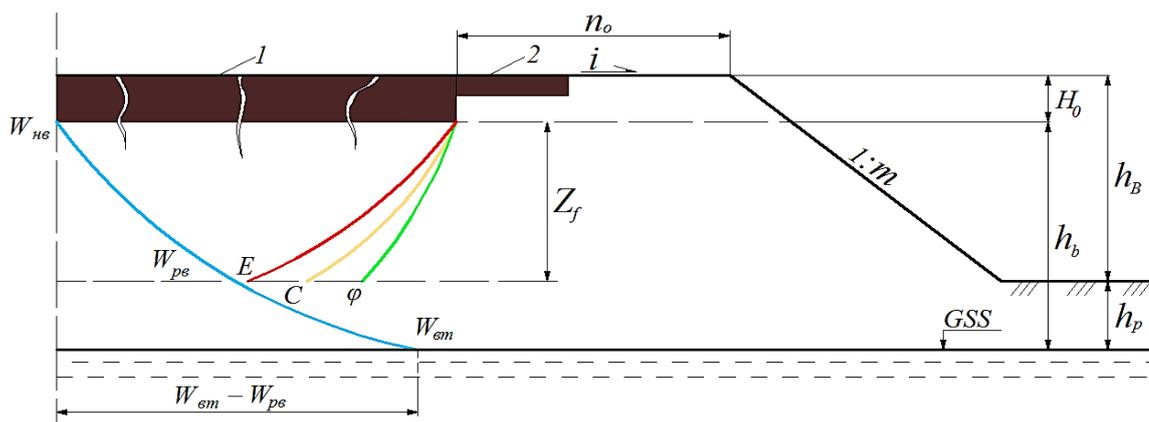


Рис. 2. Расчетная схема дорожной насыпи:

1- проезжая часть, м; 2-ширина укрепленной части обочины, м; $W_{нев}$ - начальная влажность, равная оптимальной влажности при уплотнении грунта земляного полотна,%; $W_{рв}$ - расчетная влажность,%; $W_{вт}$ - влажность при текучести грунта,%; E - модуль упругости, МПа; C - удельное сцепление, МПа; φ - угол внутреннего трения, град; Z_f - активная зона, м; n_0 - ширина обочины, м; i - уклон обочины; GSS - уровень грунтовых вод.

На схеме, граница активного рабочего слоя находится от поверхности дорожной одежды по определенной глубине и на определенной высоте от уровня грунтовых вод. Грунтовые воды по капиллярам поднимаясь вверх, увлажняют грунт. Уровень грунтовых вод со временем изменяется, соответственно изменяется и диаметр капилляров. Анализ приведенных на рис.2 показывает, что используемые при проектировании конструкции дорожных одежд прочностные и деформационные показатели засоленного грунта зависят от его плотности, влажности, типа и количества солей. Эту функциональную зависимость можно записать в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} E &= f_1(K_{yn}, W_{рас}, N, A) \\ C &= f_2(K_{yn}, W_{рас}, N, A) \\ \varphi &= f_3(K_{yn}, W_{рас}, N, A) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где: E - модуль упругости; C - удельное сцепление; φ - угол внутреннего трения; K_{yn} - коэффициент уплотнения грунтов; $W_{рас}$ - расчётная влажность, по отношению к влажности на границе текучести; N - количество засоления; A - тип солей.

В этих (1) выражениях в первую очередь нужно определить $W_{рас}$ и K_{yn} . В лабораторных и полевых условиях исследовалось влияние показателей приведенные в функциональной зависимости (1) K_{yn} , $W_{рас}$, N , A как в отдельности, так и в совокупности на прочностные показатели E , C , φ . Для исследования использованы два вида незасоленного лёссового грунта отобранного на участке 16-20 км 4Р1-кольцевой автодороги Ташкента [8].

Исследуемый грунт по количеству легкорастворимых солей относится к слабозасоленным грунтам. Гранулометрический состав грунтов определен предварительным промыванием, с помощью сита и пипетки. Грунты для исследований подготовлены в следующем порядке: высушенный в воздухе суглинок легкий пылеватый или тяжелый пылеватый супесь измельчен и пропущен через сито с отверстиями 1мм, затем добавлен водный раствор различных солей разной концентрации до требуемого количества. Этот грунт сохранен в эксикаторе в течении трёх суток, затем осушен на воздухе и пропущен через того же сито. Пропущенный грунт через сито, исходя из целей исследования, доведен до нужной влажности и плотности.

Исследования в полевых условиях показали, что грунты основания дорог преимущественно представляют собой супеси тяжелые пылеватые. По этой причине исследования в лабораторных условиях проведены на засоленных супесях тяжёлых

пылеватых. Образцы грунта увлажнены до $(0,60; 0,70; 0,80; 0,90)C_{тек}$ и уплотнены в металлических кольцах диаметром 7,1 см и высотой 3,5 см до плотности 0,94; 0,96; 0,98; 1,00; 1,02. Затем образец грунта вместе с кольцом установлен на прибор «Маслова-Лурье» и определены показатели сцепления C и угол внутреннего трения φ . В аналогичном порядке приготовлен образец засоленного грунта в металлическом кольце диаметром 10 см и высотой 11 см. Грунт уплотнен до требуемого значения и по нему, с помощью штампа диаметром 3 см и рычажной установки определен модуль упругости E .

На рис. 3-5 показаны результаты исследования, проведенного для определения зависимости модуля упругости, силы сцепления и угла внутреннего трения засоленного грунта с хлоридными ($NaCl$), сульфатами ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) и гипсами в виде кристалла ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) имеющие различные влажности $(0,60; 0,70; 0,80; 0,90 W_{тек})$ и плотности (коэффициент уплотнения равно 0,94; 0,96; 0,98; 1,00; 1,02).

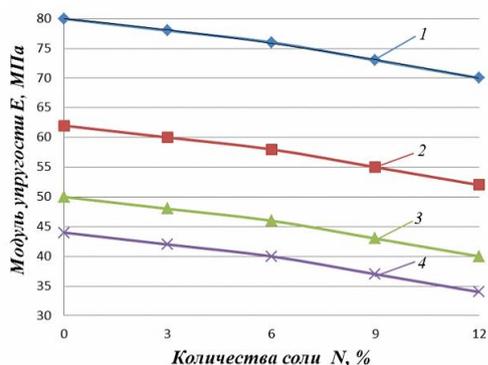


Рис. 3. График зависимости модуля упругости засоленного с NaCl ом грунта от количества засоления и влажности: $K_{уп}=1,00$; 1-0,60Wтек; 2-0,70Wтек; 3-0,80Wтек; 4-0,90Wтек

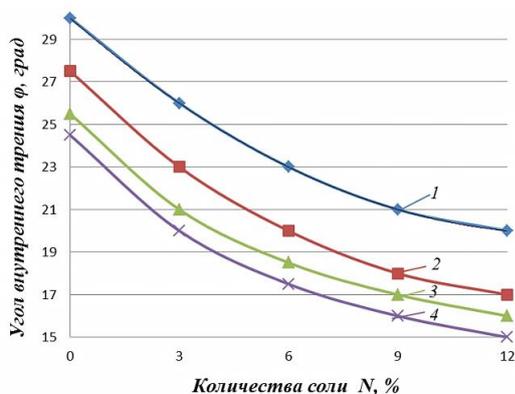


Рис. 4. График зависимости угла внутреннего трения засоленного с NaCl ом грунта от количества засоления и влажности: $K_{уп}=1,00$; 1-0,60Wтек; 2-0,70Wтек; 3-0,80Wтек; 4-0,90Wтек

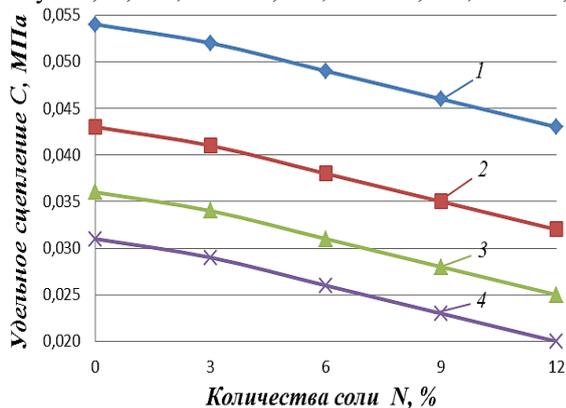


Рис. 5. График зависимости удельного сцепления засоленного с NaCl ом грунта от количества засоления и влажности: $K_{уп}=1,00$; 1-N=0%; 2-N=3%; 3-N=6%; 4-N=9%; 5-N=12%

По результатам исследований можно сделать следующие выводы: для прогноза расчетных характеристик дорожных насыпей из засоленных грунтов предложена схема рабочего слоя увлажняемого капиллярными водами. Это позволяет получить функциональные зависимости для назначения расчетных характеристик рабочего слоя земляного полотна. Определены расчетные характеристики рабочего слоя земляного полотна существующих автомобильных дорог и они дифференцированы в соответствии количества и качества солей, плотности и влажности засоленного грунта. Это позволяет создать оптимальные конструкции земляного полотна и дорожных одежд с использованием засоленных грунтов.

Литература:

1. Каюмов А.Д., Худайкулов Р.М. Расчетные характеристики засоленных грунтов. «Строительная механика инженерных конструкций и сооружений» Журнал №2 Москва-2016 г. с. 68-75.
2. Kayumov, A., Hudaykulov, R., Makhmudova, D., Kayumov, D. Impact of repeated loads on saline soils of earth roadbed. E3S Web of Conferences, 2021, 264, 02010
3. Махмудова Д.А. Universum: технические науки. Исследование водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог. Журнал №5-2(86) Москва- 2021 г. с. 83-85.
4. Каюмов А.Д., Худайкулов Р.М., Махмудова Д.А. Транспорт шелкового пути «Изучение влияния капиллярного увлажнения на плотность дисперсных грунтов при строительстве транспортных сооружений». Журнал №2 Ташкент- 2020 г. с. 64-69.
5. Kayumov Abdubaki, Hudaykulov Rashidbek, Makhmudova Dilfuza, Kayumov Dilshod. Impact of repeated loads on saline soils of earth roadbed. E3S Web of Conferences 264, 02010 (2021) CONMECHYDRO-2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402010>
6. Борьба с деградацией земель для обеспечения продовольственной безопасности и сохранения услуг, предоставляемых почвенными экосистемами, в Европе и Центральной Азии-Международный год почв, Будапешт, Венгрия, 22 и 23 сентября 2015 г.
7. Худайкулов Р.М. «Обоснование расчетных характеристик засоленных грунтов насыпей земляного полотна». Диссертация на доктора философии (PhD) по техническим наукам. Ташкент-2018 г. 134 с.
8. Научно-технический отчет по теме «Теоретическое и практическое исследование влияния различного качества и количества солей в грунте на их водно-физические и механические свойства». – Ташкент, 2012. – Ч.1. - 90 с.