

УДК 625.072:531.8

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ ВЛАЖНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ОДЕЖД ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ПО МАТЕРИАЛАМ ИЗЫСКАНИЙ В МАРИТУРЕКСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Вайнштейн В.М., Нехорошков П.А., Вайнштейн Е.В., Мирошин А.Н.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3), e-mail: nehoroshkovpa@volgatech.net

Приведены результаты исследования состояния глинистых грунтов по материалам геологических изысканий, определено изменение средней влажности грунтов по глубине опробования в естественных условиях, уточнен коэффициент вариации влажности по результатам экспериментальных данных, определена расчетная влажность и механические характеристики грунта. Тема исследования является актуальной, так как расчетная влажность грунта при проектировании и расчете конструкции дорожной одежды по нормативным источникам определяется с помощью усредненного по РФ коэффициента вариации, равного 0,1. Определение фактического значения коэффициента вариации в Маритурекском районе РМЭ по материалам экспериментальных исследований отличается от нормативного. Это в конечном значении изменяет механические характеристики грунтов, что оказывает влияние на толщину конструктивных слоев дорожной одежды.

Ключевые слова: автомобильные дороги, коэффициент вариации, грунты для дорожного строительства.

RESEARCH OF SETTLEMENT HUMIDITY AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CLAY SOIL OF CLOTHES OF FOREST ROADS ON MATERIALS OF RESEARCHES IN MARITUREKSK THE AREA OF THE REPUBLIC OF MARI EL

Weinstein V.M., Nekhoroshkov P.A., Weinstein E.V., Miroshin A.N.

FGBOU VPO «Volga Region State Technological University», Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, pl. Lenin, 3), e-mail: nehoroshkovpa@volgatech.net

Results of research of a condition of clay soil on materials of geological researches are given, change of average humidity of soil is determined by approbation depth under natural conditions, the coefficient of a variation of humidity by results of experimental data is specified, settlement humidity and mechanical characteristics of soil is defined. The subject of research is actual as settlement humidity of soil at design and calculation of a design of road clothes for standard sources decides on the help of the coefficient of the variation equal 0,1 average across the Russian Federation. Determination of the actual value of coefficient of a variation in the Maritureksky region of RME on materials of pilot studies differs from the standard. It in final value changes mechanical characteristics of soil that has impact on thickness of constructive layers of road clothes.

Keywords: roads, the coefficient of variation, the soils for road construction.

Целью исследования состояния глинистых грунтов по материалам геологических изысканий являлось: определение изменения средней влажности грунтов по глубине опробования в естественных условиях, уточнение коэффициента вариации влажности по результатам экспериментальных данных, определение расчетной влажности и механических характеристик грунта. Тема исследования является актуальной, так как расчетная влажность грунта при проектировании и расчете конструкции дорожной одежды по нормативным источникам [6] определяется с помощью усредненного по РФ коэффициента вариации, равного 0,1. Определение фактического значения коэффициента вариации в Маритурекском районе РМЭ по материалам экспериментальных исследований отличается от нормативного.

Это в конечном значении изменяет механические характеристики грунтов, что оказывает влияние на толщину конструктивных слоев дорожной одежды.

Все эти параметры в совокупности со схемой нагружения лесовозных автомобилей являются определяющими в формировании конструкции дорожной одежды.

Изучение состояния глинистых грунтов в естественных условиях, изменение средней влажности грунтов по глубине опробования проводились путем геологических изысканий, проведённых при проектировании дорог в Маритурекском районе Республики Марий Эл. Рассмотрено строение грунтов на автодорогах, протяжённостью 38,85 км, с бурением 134 скважин. Физико-механические характеристики грунтов представлены в материалах изысканий автомобильных дорог по Мари-Турекскому району Республики Марий Эл [2].

Геологический разрез по оси трассы в Мари-Турекском районе представлен суглинками четвертичного возраста и глинами пермского возраста. Прослойки мелких, средних и пылеватых песков встречаются на глубинах 1,5–4,5 м.

Республика Марий Эл покрыта лесами второй и первой группы. В ряде районов пункты переработки древесины находятся в населённых пунктах за пределами лесных массивов, в связи с этим лесовозные дороги располагаются не только в лесу, но и на пашне и вблизи населённых пунктов.

Изменение средней природной влажности грунтов по глубине опробования представлены в табл. 1 и табл. 2.

Анализ изменения средней природной влажности грунтов на пашне показал, что она увеличивается с 22,1 % до 29,7 % при глубине опробования 1–7 м. В лесном массиве средняя природная влажность глинистых грунтов также увеличивается с 22,4 % до 30,5 % при глубине опробования 1–5 м.

Таблица 1

Средняя природная влажность глинистых грунтов на пашне

№	Наименование района	Средняя природная влажность грунтов, (%) по глубине опробования, (м) на пашне								
		1	2	3	5	7	9	12	15	20
1	Мари-Турек.	22,1	22,3	23,2	27,9	29,7	-	-	-	-

Таблица 2

Средняя природная влажность глинистых грунтов в лесном массиве

№	Наименование района	Средняя природная влажность грунтов, (%) по глубине опробования, (м) в лесном массиве								
		1	2	3	5	7	9	12	15	20
1	Мари-Турек.	22,4	27,1	28,2	30,5	-	-	-	-	-

Абсолютные значения природной влажности грунта не отражают в полной мере состояние грунта. Для сопоставления состояния разных грунтов был предложен показатель относительной влажности грунта, определенный по формуле:

$$W_0 = \frac{W_{np}}{W_T}, \quad (1)$$

где W_{np} – природная влажность грунта, %;

W_T – влажность грунта на границе текучести, %.

На глубине опробования 1–2 м расположена активная зона земляного полотна, где практически затухают нормальные и касательные напряжения от автомобильной нагрузки. Поэтому исследовались грунты ниже этой зоны, взятые с глубины 2–3 м.

В процессе обработки экспериментальных данных была принята гипотеза о нормальном распределении результатов замеров влажности грунтов. Проверка гипотезы изложена в [2].

Кривые распределения вероятностей относительной влажности грунта на пашне при глубине опробования 2 м представлены на рис. 1.

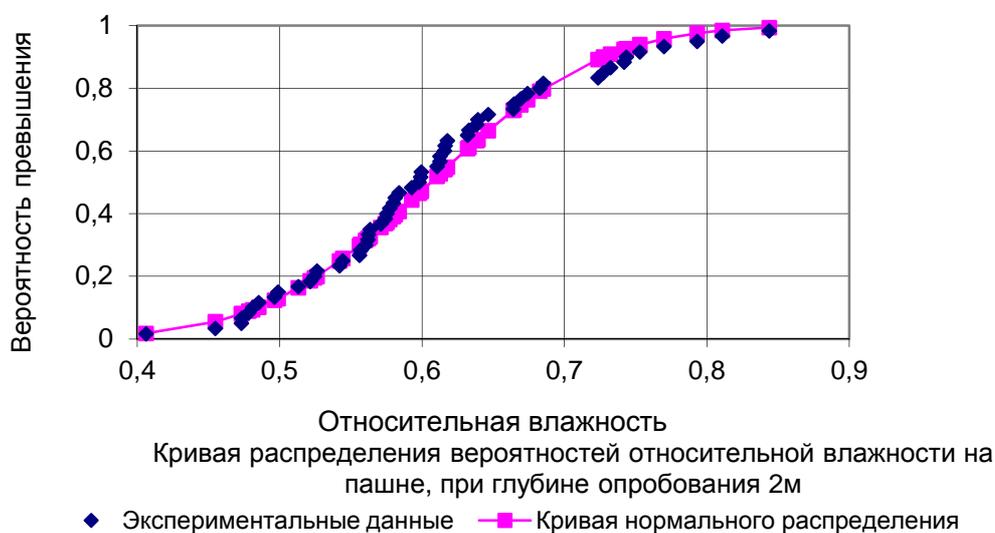
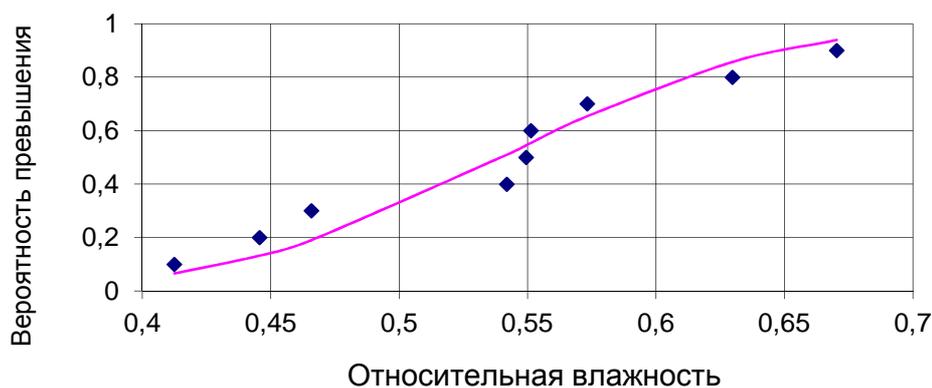


Рис. 1. Кривая распределения вероятностей относительной влажности на пашне при глубине опробования 2 м

Кривые распределения вероятностей относительной влажности грунта в лесном массиве при глубине опробования 1 м представлены на рис. 2.



Кривая распределения вероятностей относительной влажности для лесного массива, при глубине опробования 1 м

◆ Экспериментальные данные — Кривая нормального распределения

Рис. 2. Кривая распределения вероятностей относительной влажности в лесном массиве при глубине опробования 1 м

Для проведения расчётов по обоснованию конструкции дорожной одежды необходимо знание коэффициента вариации грунтов на лесовозной дороге.

Коэффициент вариации влажности рассчитывается по формуле

$$C_v = \frac{\sigma}{W_0}, \quad (2)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение;

W_0 – относительная влажность грунта.

Полученные экспериментальные данные значений влажности по Республике Марий Эл и их статистическая обработка дали возможность более точно определить значение этого параметра. Результаты замера влажности глинистых грунтов обрабатывались с помощью программы EXCEL.

Результаты расчетов по формуле (2) с учетом статистической обработки значений природной влажности грунтов ($W_{пр}$) представлены в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3

Коэффициент вариации влажности глинистых грунтов на пашне

Наименование района	Коэффициент вариации (G_v)			Среднее значение относительной влажности (W_0)			Оценка среднего квадратического отклонения (G)		
	При глубине опробования, м								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
М-Турекский.	0,138	0,155	0,156	0,58	0,61	0,60	0,080	0,095	0,094

Таблица 4

Коэффициент вариации влажности глинистых грунтов в лесном массиве

Наименование района	Коэффициент вариации (C_v)			Среднее значение относительной влажности (W_o)			Оценка среднего квадратического отклонения (G)		
	При глубине опробования, м								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
М-Турекский	0,156	-	0,117	0,54	-	0,59	0,084	-	0,069

Анализ данных табл. 3 и табл. 4 показывает, что коэффициент вариации влажности глинистых грунтов на пашне и в лесном массиве в 1,38–1,56 раза больше нормативного, равного 0,1 [1]. Наибольшее отклонение от нормативного наблюдается на глубине опробования 1 м в лесном массиве. Эти значения коэффициента вариации приводят к значительному увеличению расчетной влажности грунта. С увеличением глубины опробования коэффициент вариации влажности глинистых грунтов уменьшается в лесном массиве в среднем на 25 %.

С увеличением глубины опробования на пашне коэффициент вариации влажности глинистых грунтов увеличивается на 12 %.

Далее по формуле (3) определяется расчетная влажность грунта при фактическом значении коэффициента вариации.

Величину расчетной влажности устанавливают с учетом уровня проектной надежности по известной формуле [1]:

$$W_p = (W_{маб} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \cdot (1 + t \cdot C_v) - \Delta_3 \quad (3)$$

где $W_{маб}$ – среднее многолетнее значение относительной (в долях от границы текучести) влажности грунта, наблюдавшееся в наиболее неблагоприятный период года, в рабочем слое земляного полотна, отвечающего нормам СНиП 2.05.02-85 по возвышению над источником увлажнения, и при суммарной толщине одежды до 0,75 м, определяемое по табл. П.2.1 [1] в зависимости от дорожно-климатической зоны и подзоны, схемы увлажнения земляного полотна и типа грунта;

$\Delta_1 W$ – поправка на особенности рельефа территории;

$\Delta_2 W$ – поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин;

Δ_3 – поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоев дорожной одежды;

t – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый в зависимости от заданного уровня проектной надежности конструкции дорожной одежды;

C_v – коэффициент вариации влажности.

Она рассчитывалась для лесовозных автодорог I-в – IV-в категорий двух типов покрытий, а именно для облегченного типа с усовершенствованным покрытием при коэффициенте нормированного отклонения $t=1,06$ и для капитального типа с

усовершенствованным покрытием, при $t=1,32$ [1]. Результаты расчетов сведены в табл. 5 и табл. 6.

Таблица 5

**Расчетная влажность глинистых грунтов
для усовершенствованных покрытий облегченного типа**

Наименование района	Расчетная влажность, в долях от W_T на пашне			Расчетная влажность, в долях от W_T в лесном массиве		
	При глубине опробования, м					
	1	2	3	1	2	3
Мари-Турек.	0,67	0,71	0,70	0,64		0,66

Таблица 6

**Расчетная влажность глинистых грунтов
для усовершенствованных покрытий капитального типа**

Наименование района	Расчетная влажность, в долях от W_T на пашне			Расчетная влажность, в долях от W_T в лесном массиве		
	При глубине опробования, м					
	1	2	3	1	2	3
Мари-Турекский	0,68	0,73	0,72	0,65		0,68

Анализ значений расчетной влажности глинистого грунта в условиях Республики Марий Эл показывает, что она выше оптимальной для глинистых грунтов на $(0,1 - 0,4) W_T$.

Значения расчетной влажности и модуля упругости глинистых грунтов при нормативном коэффициенте вариации, равном 0,1 [1] и фактическом его значении для усовершенствованных покрытий облегченного и капитального типа приведены в табл. 7 и табл. 8.

Таблица 7

**Значения расчетной влажности и модуля упругости глинистых грунтов
при фактическом и нормативном коэффициенте вариации
для усовершенствованных покрытий облегченного типа**

Наименование районов	Глубина опробования, м	Расчетная влажность грунта, в долях от W_T при $t=1,06$		Модуль упругости грунта, МПа, при $t=1,06$	
		При коэффициенте вариации			
		фактическом	нормативном	фактическом	нормативном
Мари-турекский	1	0,67	0,64	37	54
	2	0,71	0,67	40	46
	3	0,70	0,66	41	48

Таблица 8

Значения расчетной влажности и модуля упругости глинистых грунтов при фактическом и нормативном коэффициенте вариации для усовершенствованных покрытий капитального типа

Наименование района	Глубина опробования, м	Расчетная влажность грунта, в долях от W_T при $t=1,32$		Модуль упругости грунта, МПа, при $t=1,32$	
		При коэффициенте вариации			
		фактическом	нормативном	фактическом	нормативном
2	3	4	5	6	7
Мари-турекский	1	0,68	0,65	44	50
	2	0,73	0,69	37	43
	3	0,72	0,68	38	45

По приведенным результатам видно, что расчетная влажность грунтов по экспериментальным данным выше, чем по нормативу на $(0,03-0,04) W_T$. Это приводит к снижению модуля упругости грунта на 6 МПа.

Значения механических характеристик глинистых грунтов, таких как сцепление, уменьшилось до величины $0,005-0,006$ МПа, угла внутреннего трения до $8-7,5^0$.

Несущая способность верхнего слоя грунта земляного полотна снижается, увеличиваются сдвиговые деформации. Это обстоятельство предполагает проведение мероприятий по осушению верхней части земляного полотна и снижение фактической влажности до оптимальной в пределах $(0,45-0,65) W_T$.

Выводы

1. В результате изучения в естественных условиях путем геологических изысканий, проведенных при проектировании дорог в Маритурекском районе Республике Марий Эл, были определены региональные показатели состояния глинистых грунтов, такие как коэффициент вариации, средняя и расчетные влажности.
2. Грунты на пашне и в лесных массивах РМЭ представлены глинами и суглинками. Консистенция грунтов меняется от твёрдой до текучей
3. Коэффициент вариации влажности грунтов в исследуемом районе выше нормативного в среднем на 25 %.
4. Расчетная влажность грунтов для усовершенствованных покрытий облегченного типа в активной зоне земляного полотна выше оптимальной на $(0,03-0,04)W_T$.
5. Статистическая обработка экспериментальных данных влажности грунтов подтвердила принятую гипотезу об их нормальном распределении.
6. Снижение модуля упругости и сдвиговых характеристик глинистых грунтов предполагает проведение мероприятий по осушению верхней части земляного полотна и снижение фактической влажности до оптимальной в пределах $(0,45-0,65) W_T$.

Список литературы

1. Вайнштейн В.М., Нехорошков П.А., Вайнштейн Е.В., Мирошин А.Н. Исследование изменения коэффициента вариации влажности глинистых грунтов по материалам геологических изысканий в республике марий эл для одежд лесовозных дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: <http://www.science-education.ru/111-10653>
2. Вайнштейн Е.В., Вайнштейн В.М., Нехорошков П.А. Исследование изменения касательных напряжений и вертикальных перемещений от лесовозного автопоезда в конструкции дорожной одежды и земляного полотна / Е.В. Вайнштейн, В.М. Вайнштейн, П.А. Нехорошков // Инженерный вестник Дона. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2012. Т. 23, № 4–2. – С. 39; Изд-во: Северо-Кавказский научный центр высшей школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Южный федеральный университет".
3. Вайнштейн Е.В., Вайнштейн В.М., Нехорошков П.А. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожной одежды лесовозной автодороги по касательным напряжениям методом конечных элементов / Е.В. Вайнштейн, В.М. Вайнштейн, П.А. Нехорошков // Вестник поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. экология. природопользование. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – № 1(15). – С. 64-73.
4. Вайнштейн Е.В., Салихов М.Г., Вайнштейн В.М., Нехорошков П.А. Исследование изменения вертикальных перемещений от нагрузки лесовозных автопоездов в конструкции дорожной одежды и земляного полотна методом конечных элементов / Е.В. Вайнштейн, М.Г. Салихов, В.М. Вайнштейн, П.А. Нехорошков // Современные проблемы науки и образования. – М.: Издат. Дом «Академия Естествознания», 2012. – № 6. – С. 62.
5. Гусев Н.К., Нехорошков П.А. Исследование прочности слоёв конструкции дорожной одежды из материалов, укрепленных полимерно-минеральной композицией «Nisoflok» // Н.К. Гусев, П.А. Нехорошков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. экология. природопользование. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – № 2. – С. 52-58.
6. Инструкция по проектированию нежестких дорожных одежд ОДН 218.046-01 – М.: Гос. служба дор. хоз-ва м-ва транспорта РФ, 2001. – 145 с.
7. Мюллер П. Таблицы по математической статистике: Пер. с нем. / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 271 с.

Рецензенты:

Савельев В.В., д.т.н., профессор кафедры строительного производства Чебоксарского политехнического института (филиала) Московского государственного открытого университета», г. Чебоксары.

Смирнов М.Ю., д.т.н., профессор кафедры Транспортно-технологических машин ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.