АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 625.7:624.13.003.13

А. О. Афиногенов

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ЮГА КУЗБАССА

Плотность грунта является основным параметром, характеризующим устойчивость земляного полотна автомобильных дорог [1]. При этом состояние земляного полотна – одна из главных характеристик, определяющих потребительские свойства дороги [2]. В настоящее время в России, как и во многих других странах, степень уплотнения песчаных и глинистых грунтов при сооружении земляного полотна автомобильных дорог нормируют на основе некоторой эталонной зависимости «влажность грунта при уплотнении - плотность сухого грунта», получаемой опытом на стандартное уплотнение. Требования к степени уплотнения грунтов земляного полотна автомобильных дорог даны в СНиП 2.05.02-85*.

Для обеспечения требуемой плотности в процессе строительства дороги выполняют уплотнение грунта. На территории Кемеровской области в подавляющем большинстве случаев земляное полотно дорог сооружают из глинистых грунтов, свойства которых в значительной степени определяют технологию уплотнения (выбор уплотняющих средств, число проходов и т. п.). В связи с этим, эффективная работа дорожных организаций и ее планирование невозможны без знания технологических свойств грунтов еще на стадии подготовки к сооружению земляного полотна. Материалы, представленные в данной статье, окажут помощь специалистам дорожных организаций в решении указанной выше задачи и могут служить основой для дальнейших исследований по совершенствованию технологии сооружения земляного полотна. Рассмотрены показатели грунта юга Кузбасса, где в настоящее время ведется активное дорожное строительство, но систематизированные сведения о технологических свойствах глинистых грунтов практически отсутствуют.

В ряде работ приводятся данные, что при коэффициенте уплотнения 1,03–1,05 прочностные характеристики грунта земляного полотна автомобильных дорог и модуль его упругости повышаются на 30–50 %, это приводит к снижению толщины дорожной одежды на 10–30 % и уменьшению сметной стоимости строительства [3, 4]. С другой стороны, многие специалисты высказывают сомнения относительно возможности не только повешенного уплотнения, но и требуемого нормами. Этот вопрос также рассмотрен в рамках данного исследования, поскольку имеет весьма важное практическое значение.

Результаты исследований водно-теплового режима глинистых грунтов в естественном залегании, выполненных в различных регионах России, многолетние наблюдения за состоянием дорожных насыпей, свидетельствуют о том, что в районах с глубоким промерзанием на участках 1-го типа местности по условиям увлажнения высокая плотность рабочего слоя ($K_y > 1,0$) сохраняется в течение длительного времени (не менее 15-20 лет) и обеспечивает повышенные прочностные и деформативные характеристики земляного полотна (модуль упругости для легкой супеси не менее 80 МПа, а для легкого пылеватого суглинка – не менее 70 МПа).

СНиП 2.05.02-85* относит территорию Кемеровской области к III дорожно-климатической зоне.

При этом значительную часть Кузбасса занимают избыточно увлажненные лесные районы Кузнецкого Алатау и Горной Шории, по комплексу природных условий соответствующих II дорожно-климатической зоне. Несмотря на относительно небольшую площадь, Кемеровская область отличается большим разнообразием природных условий. Наиболее полный учет этого обстоятельства возможен на основе районирования, предложенного проф. В.Н. Ефименко [5], которое делит территорию Кемеровской области на четыре дорожных района (1-4); три подзоны (Р - равнинная, Х - холмистая, Г - горная) и две зоны (II и III дорожно-климатические зоны по СНиП 2.05.02-85*).

Короткий строительный сезон и большое количество осадков часто вынуждают вести работы по возведению земляного полотна с использованием переувлажненных грунтов.

В связи с этим и возникает вопрос о возможности достижения высокой плотности грунта земляного полотна в условиях возведения насыпей из грунтов в условиях юга Кузбасса.

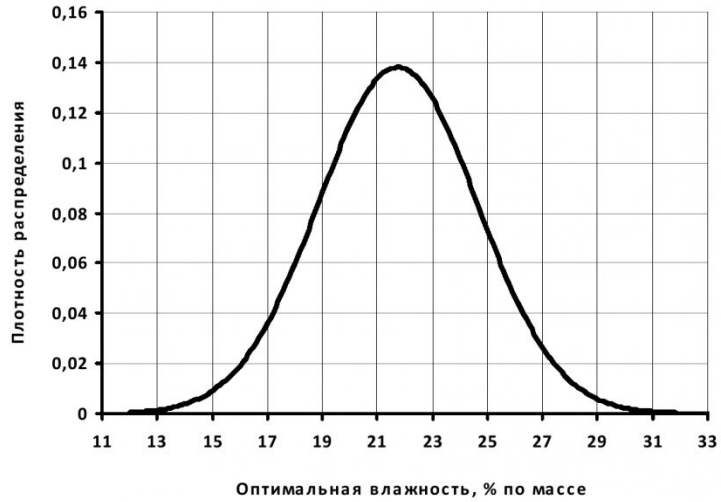

Рис.1. Плотность распределения оптимальной влажности глинистых грунтов для территории юга Кемеровской области

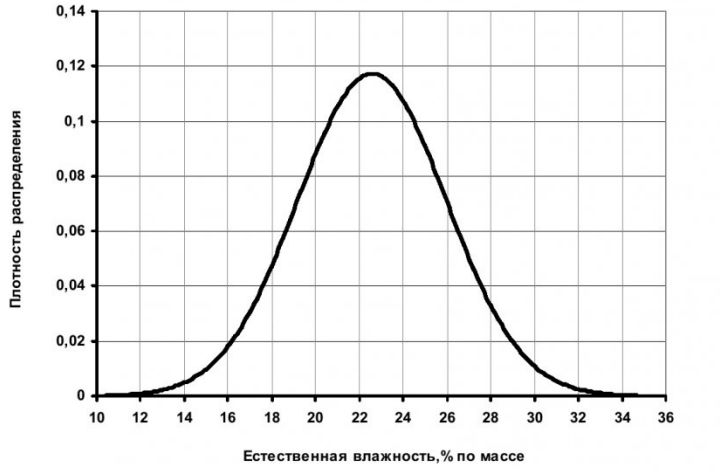

Рис.2. Плотность распределения фактической влажности глинистых грунтов для территории юга Кемеровской области

На рис.1 и 2 представлены данные об оптимальной и фактической влажностей грунтов при строительстве автомобильных дорог на юге Кузбасса, территория которого характеризуется большими годовыми нормами осадков, полученные автором.

Из материалов, представленных выше, следует, что используемые грунты имеют среднюю естественную влажность порядка 23 %, это не существенно выше средней оптимальной влажности - на 2 %. Однако разброс фактической влажности грунтов составляет от 15,6 до 34,3 % по массе, что значительно усложняет технологию работ по уплотнению земляного полотна. Большой разброс наблюдается и у оптимальной влажности грунта (влажности, при которой может быть достигнута максимальная плотность грунта) – (рис. 1). В табл.1 приведены данные о соотношении фактической и оптимальной влажности глинистых грунтов по различным климатическим районам Кемеровской области. Для юга Кемеровской области (район II.Г.2) переувлажнение можно назвать приемлемым, т. е. уплотнение по максимально возможных величин возможно без специальных мероприятий.

Таблица 1. Степень увлажненности глинистых грунтов на территории Кузбасса

Климатический район	Соотношение фактической и оптимальной влажности
II.Х.1	1,22
II.Г.2	1,07
III.Р.3	1,04
III.Х.4	0,95
Среднее значение	1,03

Для оценки технологических свойств и подтверждения возможности повышенного уплотнения грунтов земляного полотна автомобильных дорог был проведен статистический анализ результатов испытаний на объектах строительства на территории Кемеровской области за последние годы (по данным испытательной лаборатории КузЦДИ, автора). Общий

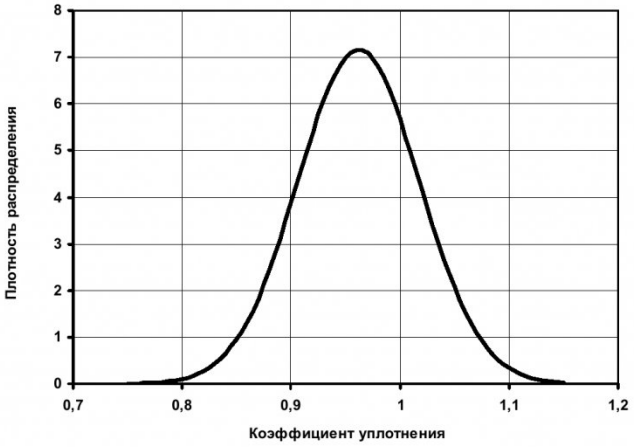

Рис.3. Плотность распределения коэффициента уплотнения глинистых грунтов для территории юга Кемеровской области

объем выборки составил 676 проб, в результате статистического анализа данных определены математические ожидания следующих величин: максимальная плотность γ_{max}; оптимальная $W_{опт}$ и фактическая $W_ф$ влажности; коэффициент уплотнения $K_у$. Выполнена обработка данных по следующим вариантам: 1) весь массив данных (т. е. по всей территории Кемеровской области), 2) по районам II.Г.2, III.Р.3, III.Х.4. Выполнено построение гистограмм и графиков плотности распределения величин. Для сравнения результаты статистической обработки по районам области представлены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели технологических свойств глинистых грунтов на территории Кемеровской области

Дорожно-климатический район	Показатель	Статистические параметры		
		среднее значение	максимальное значение	минимальное значение
По территории Кемеровской области	Максимальная плотность, γ_{max}	1,711	1,99	1,48
	Оптимальная влажность, $W_{опт}$	19,47	26,72	8,20
	Фактическая влажность, $W_ф$	19,99	35,18	6,54
	Коэффициент уплотнения, $K_у$	0,97	1,11	0,82
II.Х.1	Максимальная плотность, γ_{max}	1,84	1,91	1,73
	Оптимальная влажность, $W_{опт}$	15,45	20,18	12,03
	Фактическая влажность, $W_ф$	18,80	23,82	11,94
	Коэффициент уплотнения, $K_у$	0,94	1,05	0,82
II.Г.2	Максимальная плотность, γ_{max}	1,66	1,99	1,54
	Оптимальная влажность, $W_{опт}$	21,74	26,50	10,94
	Фактическая влажность, $W_ф$	23,28	34,30	15,60
	Коэффициент уплотнения, $K_у$	0,98	1,11	0,83
III.Р.3	Максимальная плотность, γ_{max}	1,71	1,99	1,48
	Оптимальная влажность, $W_{опт}$	19,15	26,72	8,20
	Фактическая влажность, $W_ф$	19,88	34,22	6,54
	Коэффициент уплотнения, $K_у$	0,97	1,11	0,85
III.Х.4	Максимальная плотность, γ_{max}	1,72	1,86	1,58
	Оптимальная влажность, $W_{опт}$	19,98	25,79	12,71
	Фактическая влажность, $W_ф$	19,10	32,37	10,77
	Коэффициент уплотнения, $K_у$	0,99	1,10	0,85

Как видно из приведенных данных территория Горной Шории характеризуется наиболее высоким средним значениями фактической влажности используемых в строительстве земляного полотна автомобильных дорог грунтов. Среднее значения коэффициента уплотнения составляет 0,96, но при этом он отличается значительной неоднородностью, принимая значения от 0,83 до 1,11 (рис. 3). Количество проб с коэффициентом уплотнения в пределах 0,98–1,10 составляет 41 %. Это говорит о технической возможности достижения высоких плотностей грунтов земляного полотна автомобильных дорог в условиях юга Кузбасса даже в условиях избыточного увлажнения.

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. В условиях переувлажнения грунтов юга Кузбасса имеются технические возможности повышенного уплотнения грунтов земляного полотна автомобильных дорог.

2. Неоднородность уплотнения грунтов очень высока, что крайне отрицательно сказывается на качестве земляного полотна [6].

3. Подрядным организациям следует больше внимания уделять контролю и управлению качеством работ по возведению земляного полотна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хархута Н. Я.* Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог / Н. Я. Хархута, Ю. М. Васильев. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.

2. *Васильев Ю. М.* Повысить требования к качеству земляного полотна/ Ю. М. Васильев, Б. Е. Беляев, Н. С. Ценюга // Автомобильные дороги. – 1977. – № 12. – С. 3–4.

3. *Жустарев Е.В.* Некоторые результаты экспериментальных исследований влияния плотности грунта земляного полотна автомобильных дорог в процессе накопления остаточных деформаций // Проблемы строительства и эксплуатации автомобильных дорог: Сб. науч. тр./ МАДИ-ТУ. – М., 1998. – С. 48 – 49.

4. *Афиногенов А.О.* Эффективность повышения степени уплотнения грунтов земляного полотна автомобильных дорог / Вестн. ТГАСУ. 2008. № 1. С. 161-169.

5. *Ефименко В.Н.* Дорожно-климатическое районирование Кемеровской области // Опыт обеспечения эффективности дорожного комплекса Кузбасса: Сб. науч. тр. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1997. – С. 62 – 66.

6. *Семенов В.А.* Качество и однородность автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1989. – 125 с.

Автор статьи:
Афиногенов
Алексей Олегович
- соискатель каф. автомобильных дорог КузГТУ,
Email: afinogenov@smtp.ru

УДК 625.7:624.13.001.86

А.О. Афиногенов

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПЛОТНЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Одним из наиболее доступных и эффективных способов обеспечения стабильности и требуемых эксплуатационных характеристик земляных сооружений является уплотнение грунтов, из которых они возводятся [1]. Повышенное уплотнение (уплотнение до степени выше требуемой нормами) дает весьма ощутимый технический и экономический эффект [2, 3]. С другой стороны, следует согласиться с мнением многих специалистов (особенно практиков), что в ряде случаев достичь необходимой степени уплотнения глинистых грунтов (наиболее распространенных на территории Кемеровской области) достаточно сложно. Гарантировать требуемые проектом или нормами значения коэффициента уплотнения (плотности скелета) грунта может только тщательное проектирование технологии возведения земляного сооружения.

Анализ подходов к уплотнению грунта земляных сооружений в различных областях строительства позволяет сделать вывод, что наиболее высокие требования к степени уплотнения, его однородности приняты при возведении земляного полотна автомобильных дорог общего пользования. Очевидно, опыт дорожников целесообразно распространить и на смежные сферы деятельности (строительство дамб, земляных плотин и т. д.), но не подлежит сомнению и тот факт, что и он требует совершенствования. С этой целью выполнены исследования возможности повышенного уплотнения глинистых грунтов в различных районах Кемеровской области, рассмотрены пути совершенствования технологии уплотнения.

С учетом разнообразия климатических и грунтовых условий, существенного снижения объемов строительных работ в последние годы, характера задачи использовался статистический анализ достоверных результатов, полученных в компетентной независимой лаборатории Кузбасского центра дорожных исследований, осуществляющего контроль качества на основных дорожных объектах Кемеровской области с 1992 г. В 2007-2008 гг. автором были выполнены дополнительные исследования грунтов и готовых конструктивных слоев земляного полотна в процессе строительства крупнейших дорожных объектов, реализуемых на территории Кемеровской области (автомобильные дороги I категории «Ул. Терешковой - город-спутник «Лесная поляна»», «Новосибирск - Ленинск-Кузнецкий - Кемерово - Юрга», км 295-323,5, автомобильные дороги III категории «Горно-Алтайск - Турочак - Таштагол», «Чугунаш - спортивно-туристический комплекс «Шерегеш»»). Это позволило получить массив данных из результатов испытаний 690 проб грунтов. При этом все испытания проводились с использованием поверенных или калиброванных средств измерений, аттестованного испытательного оборудования. Вспомогательное оборудование подвергалось процедуре оценки пригодности.

Материалы испытаний строительных лабораторий порядных организаций не использовались, поскольку не гарантирована их достоверность (подрядные организации заинтересованы а предоставлении заказчику только положительных результатов контроля).

Кемеровская область отличается большим разнообразием природных условий. Так, значительную часть ее занимают избыточно увлажненные лесные районы Кузнецкого Алатау и Горной Шории, по комплексу природных условий соответствующие II дорожно-климатической зоне (по СНиП 2.05.02-85*). Лесостепные районы западнее линии Тайга-Кемерово-Осинники относятся к III дорожно-климатической зоне. При этом по СНиП 2.05.02-85* вся территория Кемеровской области располагается в III дорожно-климатической зоне. В работе [4] показана целесообразность более