

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 625.7:624.13.001.86

А. О. Афиногенов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ НОРМИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Специальные исследования показывают, что степень уплотнения грунта земляного полотна существенно влияет на транспортно-эксплуатационные показатели автомобильных дорог, следовательно, уточнение методики нормирования этого параметра актуально и экономически выгодно [1].

Хотя в нормировании степени уплотнения глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог накоплен большой опыт, нормативный метод назначения требуемой плотности базируется на чисто эмпирической основе и не имеет должного теоретического обоснования. Исследования, выполненные в последние годы, показали, что методику нормирования плотности грунтов земляного полотна автомобильных дорог необходимо усовершенствовать.

Анализ зарубежного и отечественного опыта показывает, что совершенствование методики нормирования степени плотности глинистого грунта земляного полотна автомобильных дорог целесообразно вести в следующих направлениях.

1. Нормы коэффициента уплотнения должны дифференцироваться в пределах дорожно-климатических районов, с учетом типа местности по характеру увлажнения, вида грунта и типа покрытия.

2. При нормировании плотности грунта земляного полотна дорог общего пользования [2] следует учитывать дорожно-климатическую зону, тип дорожной одежды и элемент земляного полотна (рабочий слой, неподтопляемая или подтопляемая части насыпи, рабочий слой выемки).

По СНиП 2.05.02-85* фактически (если не принимать во внимание требования к конструкциям с цементобетонными покрытиями и цементогрунтовыми основаниями) требования к плотности грунта в подтопляемой и неподтопляемой частях насыпи одинаковые. Для конструкций с дорожными одеждами переходного типа во II и III дорожно-климатических зонах на всю глубину принимается $K_{упл} = 0,95$, для конструкций с дорожными одеждами переходного типа - на глубину активной зоны $K_{упл} = 0,98$, на остальную глубину $K_{упл} = 0,95$; для нежестких дорожных одежд капитального типа, в отличие от облегченных конст-

рукций, в нижней части насыпи высотой более 6 м принимают $K_{упл} = 0,98$. В последнем случае учитывается характер изменения напряжений, возникающих от воздействия автомобильной нагрузки и собственного веса насыпи, а также необходимость обеспечения устойчивости насыпи.

3. Грунт должен быть уплотнен до величин, не допускающих его разуплотнение в период эксплуатации из-за замерзания-оттаивания. Известно, что грунт с плотностью выше максимальной в процессе эксплуатации автомобильной дороги разуплотняется, что происходит из-за интенсивных процессов увлажнения-замерзания-оттаивания грунта. При увлажнении большое количество воды поступает извне, в процессе замерзания вода увеличивается в объеме, раздвигает зерна грунта и при оттаивании образуются поры для нового притока воды. Имеется ряд работ, показывающих, что недопустимость разуплотнения грунта ([3] и др.).

Исследованиями Л.И. Самойловой [4] показано, что грунты активной зоны земляного полотна автомобильных дорог целесообразно уплотнять до коэффициентов уплотнения, рассчитанных из условия предотвращения разуплотнения грунта в процессе эксплуатации дороги (при определенных значениях физико-механических свойств грунтов). Требуемая плотность сухого грунта при этом может быть определена по формуле:

$$\rho_d' = \frac{\rho_s \cdot \rho_\omega}{\rho_\omega + \rho_s (1,09 \cdot W - 0,09 W_{H3})}, \quad (1)$$

где ρ_d – плотность сухого грунта после увлажнения-замерзания; ρ_s – плотность частиц грунта; ρ_ω – плотность воды; W – влажность грунта в расчетный период; W_{H3} – содержание незамерзшей воды.

По данным З. А. Нерсесовой для супеси $W_{H3} = 4-6\%$, для суглинка легкого – 8 %, для суглинка пылеватого и тяжелого, глины – 10 %.

Рассчитанная по формуле (1) плотность грунта установится в земляном полотне при эксплуатации дороги в весеннюю распутицу только при условии, что при строительстве дороги достигнута более высокая или такая же начальная плотность,

её и следует принять в качестве нормативной.

На основе предложений Л. И. Самойловой выполнено нормирование плотности грунта земляного полотна автомобильных дорог на примере Кемеровской области. Для расчетов использованы усредненные значения параметров грунтов, полученные в [5, 6]. Значения плотности, полученные по формуле (1), пересчитаны на традиционный коэффициент стандартного уплотнения. Результаты расчетов (т.е. предлагаемые значения коэффициентов уплотнения) приведены в табл. 1.

Влажность грунта принималась по данным проф. В. Н. Ефименко в зависимости от дорожно-климатического района, типа местности по условиям увлажнения и вида грунта.

Значения K_{upl} по табл. 1 выше рекомендуемых СНиП 2.05.02-85*, как показано в ряде работ (например, [7, 8]), увеличение плотности грунта положительно сказывается на его физико-механических свойствах и способствует улучшению водно-теплового режима земляного полотна автомобильной дороги. Особенно положительная роль повышенного уплотнения проявляется при анализе процессов накопления в земляном полотне остаточных деформаций [8]: увеличение

Таблица 1. Рекомендуемые коэффициенты уплотнения для различных дорожно-климатических районов Кемеровской области

Дорожно-климатический район	Рекомендуемое минимальное значение коэффициента уплотнения в пределах глубины промерзания для типов местности по характеру увлажнения			
	1-2	3	1-2	3
	дорожная одежда капитального типа		дорожная одежда облегченного и переходного типа	
Грунт – суглинок легкий				
III.P.3	1,05	0,98	1,04	0,98
III.X.4	1,04	0,98	1,02	0,98
II.X.1	1,02	0,98	1,01	0,96
II.G.2	1,02	0,96	1,01	0,96
Грунт – суглинок пылеватый и тяжелый, глина				
III.P.3	1,01	0,98	1,00	0,98
III.X.4	1,01	0,98	1,00	0,98
II.X.1	1,00	0,96	0,98	0,95
II.G.2	0,99	0,95	0,98	0,95

коэффициента уплотнения с 0,98 до 1,02 приводит к снижению величины равномерной деформации в 2,5 раза и неравномерной - в 3 раза, скорости накопления остаточной деформации - в 2,3 раза. Уменьшение величины остаточной деформации и скорости её накопления будет способствовать сохранению ровности дорожного покрытия, что приведет к увеличению срока службы дорожной конструкции, повышению надежности автомобильной дороги.

4. В табл. 1 приведены минимальные значения K_{upl} , если технически возможно, уплотнение следует производить до $K_{upl} = 1,04-1,07$ для суглинка легкого и до $K_{upl} = 0,98-1,01$ для суглинка тяжелого, глины (оптимальные значения).

При расчете норм плотности, приведенных в

табл. 1, использованы усредненные значения показателей грунтов. Специальные исследования показали, что это не ведет к существенной погрешности.

Разуплотнение грунта из-за интенсивных процессов увлажнения-замерзания-оттаивания может происходить только в пределах глубины промерзания. В соответствии с нормами [9] глубину промерзания грунтов устанавливают по специальной карте изолиний. Считается, что промерзание дорожных конструкций несколько больше, чем показано на карте, поэтому для расчетов принимают величину:

$$Z_{PR_DO} = 1,38 Z_{PR} \quad (2)$$

где Z_{PR} – глубина промерзания грунтов, определяемая по карте изолиний промерзания грунтов.

С учетом (2) глубина промерзания грунта земляного полотна автомобильной дороги в районе г. Кемерово составит: $1,38 \times 2,2 = 3,04$ м. Это значение представляется завышенным. Кроме того, если рассмотреть вопрос назначения глубины промерзания грунта земляного полотна автомобильных дорог более тщательно, обращают на себя внимание ряд спорных моментов. Анализ произ-

водственной и научной литературы показывает, что специальные широкомасштабные исследования для автомобильных дорог практически не проводились. В дорожных нормах по расчету дорожных одежд используется карта, разработанная для целей фундаментостроения, которая была опубликована в работе [10]. В ней указывается, что карта составлена для площадок с наличием грунтовых вод в зоне промерзания, сама методика требует корректировки с учетом местных условий и свойств грунтов, не в полной мере учитывалась скорость ветра, которая может существенно влиять на глубину промерзания. Самое главное – автор указывал на необходимость расширения объемов наблюдений, что не сделано. В статье [10] совершенно правильно различается глубина про-

Таблица 2. Зависимость коэффициент вариации плотности от коэффициента уплотнения

Коэффициент уплотнения K_{upl}	0,95	1,00	1,05 и более
Коэффициент вариации плотности, C_V	0,025 – 0,030	0,015 – 0,020	0,008 – 0,010

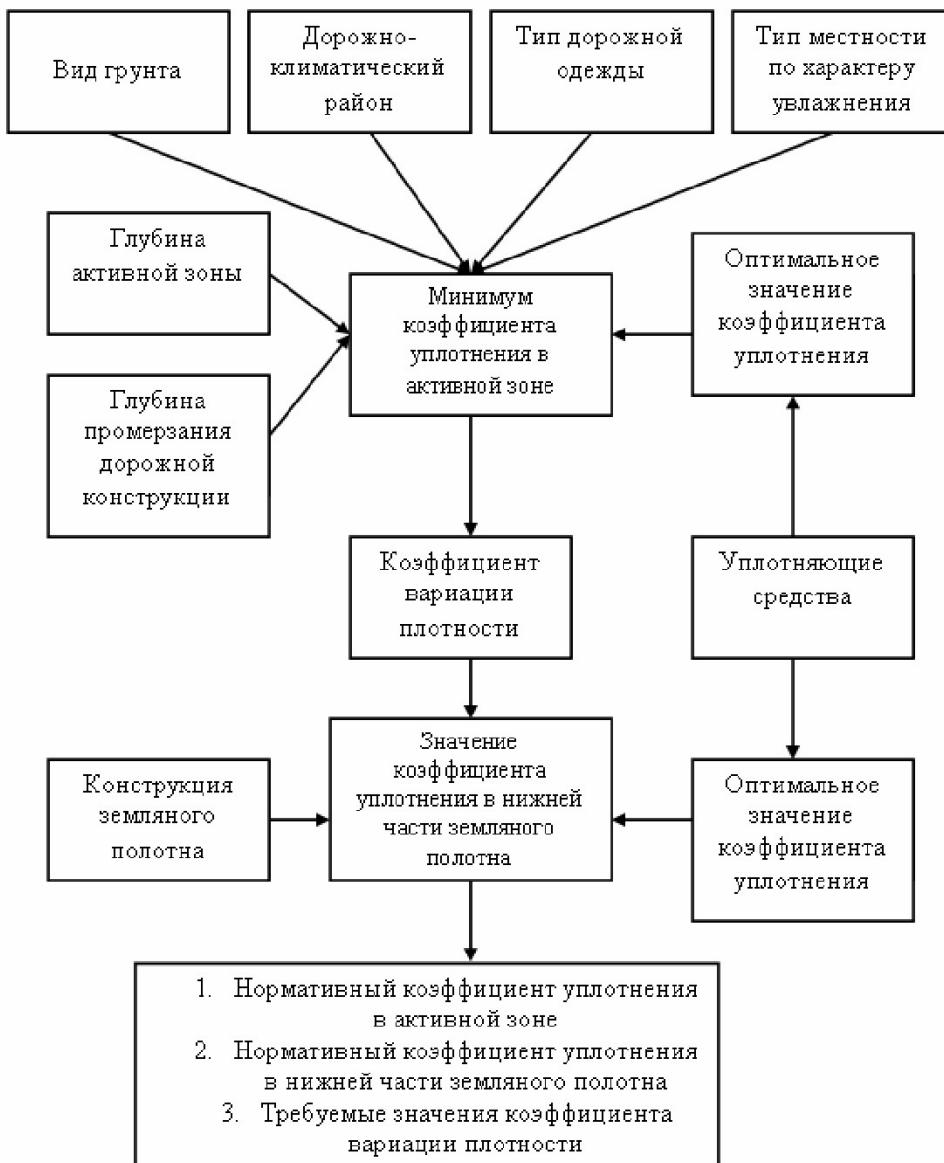
мерзания для суглинков и супесей, для последних она на 22 % больше (в дорожных нормативных документах это игнорируется). Получается, что в условиях г. Кемерово земляное полотно из супеси промерзает на 3,7 м, что представляется совершенно нереальным.

5. На наш взгляд больше соответствуют реальным величины глубины промерзания, рекомендованные профессора В.Н. Ефименко [11]: для условий Кемеровской области глубина промерзания дорожных одежд 1,9 – 2,1 м. Не менее чем на такую глубину (с учетом толщины дорожной одежды) должны распространяться требова-

ния табл. 1. Если технически возможно, уплотнение следует производить до оптимальных величин.

6. За пределами активной зоны при капитальном типе дорожных одежд уплотнение следует производить до $K_{upl} = 0,98$ и выше, при облегченном и переходном – до $K_{upl} = 0,95$.

7. Важным показателем качества уплотнения земляного полотна является однородность плотности грунта. Коэффициент вариации плотности C_V зависит от K_{upl} и не должен превышать значения, приведенные в табл. 2.

Алгоритм назначения нормативных значений K_{upl}

8. Для повышения качества проектирования значения K_{upl} , полученные с использованием усредненных характеристик грунтов, рекомендуется корректировать по результатам испытаний грунтов района строительства.

9. Суммируя материалы данного раздела, предлагаем следующий порядок установления значений K_{upl} грунта земляного полотна автомобильных дорог. Алгоритм расчета изображен на рисунке, к которому дадим следующие пояснения.

Вид грунта устанавливается по ГОСТ 25100-95. Дорожно-климатический район определяют на основе районирования, предложенного профессором В. Н. Ефименко, тип дорожной одежды, тип местности по характеру и степени увлажнения – по СНиП 2.05.02-85*. Минимальное значение K_{upl} в активной зоне дорожной конструкции назначается по табл. 1. При этом глубина активной зоны устанавливается расчетом в зависимости от типа расчетного автомобиля и с учетом глубины промерзания дорожной конструкции. Если глубина активной зоны больше глубины промерзания, то глубину активной зоны условно (для целей назна-

чения минимальной величины K_{upl} принимают равной глубине промерзания.

При наличии соответствующих технических возможностей, в качестве нормативных принимают повышенные значения K_{upl} (оптимальные значения), ограниченные возможностями уплотняющих средств. В зависимости от принятого значения назначается требуемое значение коэффициента вариации плотности (табл. 2). Следует иметь в виду, что для активной зоны и нижней части земляного полотна могут быть назначены разные значения этого коэффициента.

Для нижней части земляного полотна значение K_{upl} нормируется отдельно (в случае, когда глубина активной зоны меньше высоты насыпи). Если имеются технические возможности, принимаются оптимальные значения, в противном случае – не менее 0,98 для дорожных одежд капитального типа и не менее 0,95 – для дорожных одежд переходного и облегченного типа.

На наш взгляд, предлагаемая методика позволяет более обосновано устанавливать требования к степени уплотнения грунта земляного полотна автомобильных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афиногенов А. О. Эффективность повышения степени уплотнения грунтов земляного полотна карьерных автомобильных дорог // Вестник КузГТУ. – 2008. - № 1. – С. 55-60.
2. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2006. – 55 с.
3. Рувинский В. И. Предотвращать разуплотнение грунтов в процессе эксплуатации дороги // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2000. – № 2. – С. 18.
4. Самойлова Л. И. Повышение требований к плотности грунта с учетом её однородности. – Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1986. – 179 с.
5. Афиногенов А. О. Изменение показателей грунтов земляного полотна автомобильных дорог на территории Кемеровской области // Кучинские чтения: матер. науч. конференции (Томск, 23-25 октября 2007 г.). – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2007. – С. 146-149.
6. Афиногенов А. О. Уточнение параметров грунтов и дорожно-климатического районирования территории Кемеровской области // Вестник КузГТУ. – 2008. – № 1. – С. 53– 55.
7. Хустес Э. Г. Обоснование расчетных показателей грунта. – Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1990. – 203 с.
8. 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.
9. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Минтранс России. – М.: Информавтодор, 2001. – 145 с.
10. Лапкин Г. И. Определение глубины промерзания грунтов для целей фундаментостроения // Деформации грунтов при промерзании и оттаивании / Труды НИИ оснований и фундаментов. – Вып. 26. – М.: Госстройиздат, 1955. – С. 13–37.
11. Ефименко В. Н. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог при глубоком промерзании грунтов (на примере юго-востока Западной Сибири): автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1978. – 16 с.

Автор статьи:

Афиногенов

Алексей Олегович

– соискатель каф. автомобильных дорог КузГТУ,
afinogenov@smtp.ru