МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО УТОЧНЕНИЮ НОРМ ПЛОТНОСТИ ГРУНТОВ НАСЫПЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Утверждены зам.директора Союздорнии канд.техн.наук В.М.Юмашевым

Одобрены секцией Научно-технического совета Минтрансстроя (решение к протоколу № 1(1700) утверждено 20.02.87 г.)

МОСКВА 1988

gost.e-ecolog.ru

УДК 625.371.2:624.138

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТОЧНЕНИЮ НОРМ ПЛОТНОСТИ ГРУНТОВ НАСЫПЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ. Союздорнии. М., 1988.

Даны предложения по уточнению норм плотности грунтов насыпей автомобильных дорог в различных региональных условиях, в том числе одноразмерных (однородных) песков, переувлажненных грунтов и грунтов насыпей, возводимых в зимний период. Указано, что при возведении насыпей в особых условиях (из мерзлых грунтов, в специфических условиях севера СССР и др.) исследования по уточнению норм плотности должны быть продолжены.

Изложены рекомендации по достижению повышенных норм плотности грунтоуплотняющими машинами разных типов, в том числе имеющимися в строительстве.

Предложения по уплотнению грунтов до повышенной плотности рекомендуются для опытной проверки в IУ-У дорожно-климатических зонах.

Табл.5, рис.1.

© Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт, 1988.

УДК 625.371.2:624.138

Предисловие

Стабильность земляного полотна автомобильных дорог – один из основных факторов, определяющих надежность и работоспособность всей дорожной конструкции. Критерием устойчивости грунта является его плотность.

Действующие в нашей стране нормы плотности грунтов дифференцированы в зависимости от района строительства (дорожно-климатической зоны), расположения грунта по высоте насыпи и условий воздействия на него различных природно-климатических факторов. Впервые разработанные в 1960 г. (ВСН 55-61) их современные основы в последующем уточнялись и развивались (ВСН 55-69, СН 449-72, СНиП 2.05.02-85 и др.).

В нормах заложены минимально допустимые требования к плотности грунтов, обеспечивающие стабильность земляного полотна и необходимую работоспособность дорожной одежды.

В связи с ростом грузонапряженности перевозок, существенным увеличением в составе движения количества тяжелых транспортных средств, повышением требований к ровности покрытия и прочности дорожной конструкции возникла необходимость заново рассмотреть проблему стабильности земляного полотна в целях обобщения результатов теоретических исследований, данных применения норм плотности в опытном строительстве и результатов обследования существующей сети дорог.

Анализ этих материалов подтвердил современный уровень действующих норм и показал, что основой нормирования плотности грунтов может и должна служить ранее разработанная и в дальнейшем развитая физическая теория стабильности земляного полотна, которая базируется на представлениях о грунте как энергетической

системе, способной сопротивляться внешним воздействиям. Выявлена также необходимость в совершенствовании и уточнении действующих норм.

Предлагаемые изменения и уточнения предусматривают повышение норм плотности грунта в верхнем слое насыпи, расположенном непосредственно под дорожной одеждой, а также возможность снижения норм плотности в остальной части верхнего слоя и в нижней части насыпей, сооружаемых в районах IУ и У дорожно-климатических зон с сухим жарким климатом. Уточнены также требования к плотности земляного полотна, возводимого из специфических грунтов и в особых условиях (переувлажненные грунты, одноразмерные пески, отсыпка насыпей зимой).

Эти изменения норм плотности и возможность их реализации проверялись в опытно-экспериментальных работах при строительстве и обследовании дорог в центральных областях европейской части СССР, северо-западного региона, Западной Сибири (Тюменская обл.), Казахстане и Средней Азии, Белоруссии. Такую опытно-экспериментальную проверку норм рекомендовано продолжить.

Внедрение уточненных норм плотности грунтов позволит снизить общую толщину дорожной одежды и получить экономический эффект от 4 тыс. до 10 тыс.руб. на 1 км дороги.

Методические рекомендации составили кандидаты технических наук Ю.М.Васильев и М.П.Костельов (Ленинградский филиал Союздорнии). В научно-исследовательской и экспериментальной работе по уточнению норм плотности грунтов участвовали также кандидаты технических наук Н.В.Питерина, В.М.Иевлев,инж.Ю.Л.Куканов (Ленинградский филиал Союздорнии); канд. техн. наук Р.Г.Юркин (Союздорнии); канд.техн.наук А.М.Каменев (Казахский филиал Союздорнии); канд. техн.наук А.Д.Каюмов (Среднеазиатский филиал Союздорнии);кан-

дидаты технических наук В.А.Семенов и Л.И.Самойлова (Владимирский политехнический институт).

Отзывы, замечания и предложения по данной работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., г.Балашиха-6, Союздорнии или 191065, г. Ленинград, ул.Герцена, 19, Ленинградский филиал Союздорнии.

1. Общие положения

1.1. Настоящие Методические рекомендации уточняют действующие нормы плотности насыпей автомобильных дорог всех категорий, возводимых из различных грунтов во II-У дорожно-климатических зонах. Нормы уплотнения грунтов выемок естественных оснований низких насыпей (нулевых мест) остаются без изменения.

1.2. В нормах плотности заложены минимально допустимые требования к плотности грунтов, обеспечивающие стабильность земляного полотна и необходимую работоспособность дорожной одежды согласно "Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-83 (М.: Транспорт, 1985).

Это не исключает возможности уплотнять грунты до повышенной плотности, при которой они становятся конструкционным материалом, оказывающим влияние на общую толщину дорожной одежды.

1.3. Рекомендуемые уточнения норм плотности преследуют цель не только повысить прочность и устойчивость земляного полотна, но и улучшить технико-экономические показатели строительства автомобильных дорог за счет сокращения расхода материальных, трудовых и энергетических ресурсов, что достигается снижением в ряде случаев общей толщины дорожной одежды, уменьшением объемов работ по уплотнению грунта или переносом сроков их выполнения на более благоприятный период года (с зимы на весну или лето).

2. Рекомендуемые уточнения норм плотности грунтов насыпей

2.1. Во всех дорожно-климатических зонах и для всех категорий дорог рекомендуется особое внимание обращать на тщательность и качество уплотнения верх-

него слоя земляного полотна (толщиной 0,4 м), находящегося непосредственно под дорожной одеждой, т.е. в наиболее активной части земляного полотна, в так называемой рабочей зоне. В дорожной конструкции такой слой от поверхности покрытия расположен на глубине от $H_{д.о}$ до $(H_{д.о} + 0,4)$, где $H_{д.о}$ – толщина дорожной одежды, м.

Минимальный требуемый коэффициент уплотнения этого слоя следует принимать по табл.1.

Таблица I

Дорожно-климатическая зона	Категория дороги	Минимальный требуемый коэффициент уплотнения
II–III	I–II	1,00
	III и выше	0,98
IУ–У	I–II	⩾1,03
	III и выше	1,00

2.2. Слой грунта толщиной примерно 0,4–0,6 м, находящийся от поверхности покрытия на глубине от $(H_{д.о} + 0,4)$ до 1,5 м, рекомендуется уплотнять до относительной плотности (коэффициента уплотнения) не менее 0,95, за исключением насыпей, возводимых на дорогах I–II категорий во II–III дорожно-климатических зонах. Для последних, подвергающихся комплексному воздействию влаги, мороза и возросших транспортных нагрузок, минимальный требуемый коэффициент уплотнения принимается равным 0,98.

2.3. К уплотнению грунтов, расположенных в нижней части насыпи на глубине от 1,5 до 6 м от поверхности покрытия, в зависимости от характера увлажнения местности предъявляются различные требования.

Уточненные нормы плотности грунтов насыпей автомобильных дорог представлены в табл.2.

2.4. Неподтапливаемые насыпи должны иметь коэф-

Таблица 2

Часть насыпи	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Минимальный требуемый коэффициент уплотнения для дорожно-климатических зон			
		II–III		1У–У	
		Категория дороги			
		I–II	III–У	I–II	III–У
Верхняя	До $H_{з.о}$+0,4	0,1 x)	0,98 x)	1,03 x)	1,0 x)
	От ($H_{з.о}$+0,4 до 1,5	0,98	0,95	0,95 x)	0,95
Нижняя неподтапливаемая	1,5–6,0	0,95	0,95	0,92 x)	0,90 x)
	>6,0	0,98	0,95	0,92 x)	0,90 x)
Нижняя подтапливаемая	1,5–6,0	0,98 x)	0,95	0,95	0,95
	>6,0	0,98	0,95	0,98	0,95

x) Данные являются уточненными (измененными) по сравнению с действующими нормами.

фициент уплотнения во II–III дорожно-климатических зонах не ниже 0,95, в 1У–У – 0,92 (дороги I–II категорий) и 0,90 (III – У категорий), т.е. во II–III дорожно-климатических зонах минимальный требуемый коэффициент уплотнения остался без изменения, а в 1У–У зонах он несколько повышен из-за более низкого сезонного влагосодержания грунта.

Для грунтов нижних частей подтапливаемых насыпей (на глубине 1,5–6 м от поверхности покрытия) значения коэффициента уплотнения соответствуют нормативным: для дорог I–II категорий во II–III дорожно-климатических зонах – не менее 0,98, для остальных случаев – 0,95.

2.5. Нормы уплотнения грунтов, находящихся в нижних частях насыпей на глубине более 6 м, не изменяются по сравнению с действующими нормами, за исключением 1У и У дорожно-климатических зон, где нижнюю неподтапливаемую часть насыпи разрешено уплот-

нять до 0,92 вместо 0,95 (дороги 1-II категорий) и до 0,9 вместо 0,95-0,90 (III-У категорий).

2.6. Для насыпей автомобильных дорог, возводимых во всех дорожно-климатических зонах, в том числе в северной и южной подзонах II дорожно-климатической зоны (Коми АССР, средняя часть и часть северной территории Тюменской обл.), минимальный требуемый коэффициент уплотнения $K_у$ одноразмерных песков следует назначать в соответствии с табл.3.

Таблица 3

Часть насыпи	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	$K_у$ одноразмерных песков в насыпях дорог категории		
		I-II	III	IУ-У
Верхняя	До 1,5	0,98 x)	0,95	0,95
Нижняя	Более 1,5	0,95	0,95	0,92

x) При двухстадийной укладке сборных покрытий из плит для 1-й стадии коэффициент уплотнения следует принимать 0,95, для 2-й - 0,98.

Как видно из табл.3, толщина верхнего, более плотного слоя насыпи увеличена в первую очередь для дорог с покрытиями капитального типа (дороги I-II категорий). Это вызвано высокой чувствительностью одноразмерного песка к динамическим воздействиям движущихся транспортных средств и его способностью к доуплотнению в результате такого воздействия. Поэтому для снижения или даже исключения существенных и неравномерных просадок покрытий капитального типа толщина этого слоя увеличена до 1,5 м (ранее она была 0,8 м).

2.7. При возведении насыпей из связных грунтов с влажностью выше оптимальной - от W_0 до $1,3\,W_0$ (где W_0 - оптимальная влажность) - рекомендуется выполнять уп-

лотнение до следующих минимальных значений коэффициента уплотнения:

0,95 - верхний слой насыпи (до глубины 1,5 м от поверхности покрытия);

0,93 - нижний слой (на глубине 1,5-6 м от поверхности покрытия);

0,95 - слой ниже 6 м от поверхности покрытия.

В случае сооружения насыпей из связных грунтов повышенной влажности признано целесообразным устраивать покрытие дорожных одежд капитального типа не ранее чем через 1-2 года после завершения строительства насыпи при полном затухании деформаций консолидации и доуплотнения ее верхней части до норм,указанных в табл.2, или осуществлять стадийное строительство этого покрытия.

2.8. При возведении насыпей из переувлажненных связных грунтов (влажность в среднем более 1,3 W_0) минимальный требуемый коэффициент уплотнения рекомендуется принимать равным 0,9. Устойчивость насыпи обеспечивается обязательным выполнением дополнительных мероприятий, обеспечивающих снижение влажности грунта и ускоряющих развитие процесса консолидации. Покрытия капитального типа устраивают только после полного затухания деформаций консолидации.

2.9. При возведении насыпей из связных грунтов в зимнее время их нижние слои (на глубине более 1,5 м от поверхности покрытия) рекомендуется уплотнять до $K_у \geq 0,95$ (дороги 1-II категорий) и $K_у \geq 0,93$ (дороги остальных категорий), а верхние слои (лежащие на глубине менее 1,5 м от поверхности дороги) для дорог 1-II категорий - возводить только из талых грунтов и уплотнять в соответствии с нормами табл.2.

На насыпях, отсыпанных в зимнее время из связных грунтов, рекомендуется устраивать покрытия капитального типа не ранее чем через год после завершения строительства всей насыпи.

2.10. При сооружении насыпей высотой не более 3 м в зимнее время операцию уплотнения допускается при соответствующем обосновании смещать во времени (переносить на весну или лето), если по специфическим условиям производства работ или вследствие погодно-климатических условий ее невозможно выполнить вообще или выполнить качественно в момент возведения земляного полотна. К таким условиям следует отнести: стесненность фронта работ, например при отсыпке земляного полотна на выторфовываемое болото; быстрое смерзание грунта при температурах воздуха от минус 25 до минус 30°С и ниже.

В проекте для подобных случаев должно быть предусмотрено применение таких грунтоуплотняющих средств, которые бы обеспечивали требуемые показатели плотности по всей толщине возводимой зимой насыпи.

К таким машинам следует отнести тяжелые виброкатки, уплотняющие несвязный грунт слоями до 1-1,5м, и трамбующие плиты на экскаваторах, уплотняющих связный и несвязный грунты слоями до 2-3 м и более.

2.11. На всех дорожных объектах, при строительстве которых допущен временной технологический разрыв между завершением сооружения насыпи и началом устройства основания, рекомендуется до начала производства работ по устройству последнего повторно уплотнить верхнюю часть земляного полотна до требуемых норм (см.табл.2).

3. Способы достижения повышенных норм плотности грунтов

3.1. Достижение повышенных норм плотности грунтов ($K_y \geq 1$) при строительстве земляного полотна возможно только при соблюдении следующих условий:

влажность грунта не должна быть выше определенного значения, при превышении которого требуемую плотность физически достичь невозможно;

тип грунтоуплотняющей машины и функциональные параметры ее рабочего органа (амплитуда и частота колебаний, статическое или динамическое контактное давление) должны соответствовать разновидности грунта, его состоянию и требуемым показателям качества уплотнения;

технологические правила и приемы производства работ грунтоуплотняющими машинами должны быть вполне определенными и наиболее рациональными.

3.2. Наибольший, реально достижимый коэффициент уплотнения грунта K_y при известной его влажности можно вычислить по формуле

$$K_y = \frac{\rho_d}{\rho_{d\,max}} = \frac{\rho_s (1 - V_a)}{\rho_{d\,max} (1 + W \frac{\rho_s}{\rho_g})}, \qquad (1)$$

где ρ_d – плотность сухого грунта, соответствующая коэффициенту уплотнения K_y, г/см^3;

$\rho_{d\,max}$ – максимальная плотность сухого грунта, полученная в приборе стандартного уплотнения, г/см^3;

ρ_s – плотность частиц грунта, г/см^3; для ориентировочных расчетов ρ_s можно принимать 2,67 для песков, супесей легких и пылеватых, 2,7 – для супесей тяжелых пылеватых, суглинков легких и легких пылеватых, 2,73 – для суглинков тяжелых, тяжелых пылеватых и глин;

V_a – содержание воздуха в уплотненном грунте, доли единицы; для песков разноразмерных V_a можно принимать равным 0,07–0,08, супесей – 0,05–0,07, суглинков и глин – 0,02–0,04;

W – фактическая влажность грунта, доли единицы;

ρ_g – плотность воды в грунте, г/см^3; $\rho_g \approx 1$.

Ориентировочные и вполне удовлетворительные результаты можно получить также, используя зависимость

$$K_y = \frac{1 + W_0 \rho_s / \rho_g}{1 + W \cdot \rho_s / \rho_g}. \qquad (2)$$

3.3. Оценку максимальной допустимой влажности, при которой еще можно достичь заданную, в том числе повышенную, плотность связных грунтов, следует производить по данным табл.4.

Таблица 4

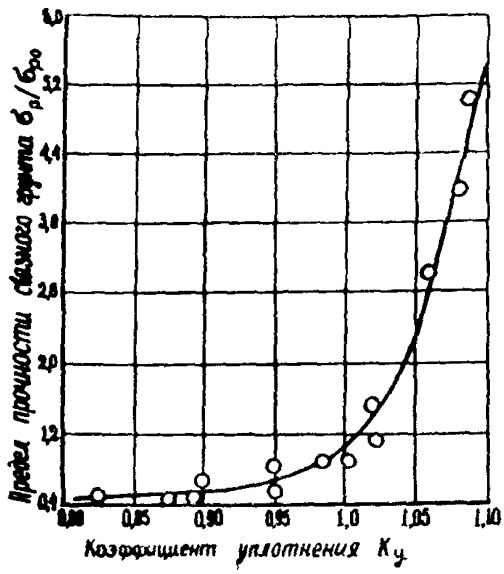
Грунт	Максимальная допустимая влажность грунта, доли оптимальной (W/W_0), при K_y						
	0,9	0,93	0,95	0,98	1	1,03	1,05
Супесь легкая и пылеватая	1,5	1,35	1,25	1,15	1,10	1,05	1,00
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий и легкий пылеватый	1,4	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00	0,95
Суглинок тяжелый и тяжелый пылеватый, глина	1,3	1,20	1,15	1,05	1,00	0,95	0,90

3.4. Влажность несвязных грунтов (скальных, крупнообломочных, песчано-гравийных, песчаных, легких супесчаных), обладающих высокой фильтрационной способностью, не столь существенно влияет на достижение ими повышенной плотности. Поэтому для них не устанавливаются пределы максимальной допустимой влажности. Однако использование переувлажненных несвязных грунтов возможно лишь при наличии хорошего водоотвода из уплотняемой насыпи.

Исключение здесь могут составлять пески мелкие и пылеватые, супеси легкие и пылеватые, избыток воды в которых вызывает взвешенность их мелких частиц, проявление пластичных и упругих свойств, что обусловливает ухудшение уплотняемости грунтов, особенно при вибродинамических воздействиях. Их влажность не должна превышать $(1,1 \div 1,2)\,W_0$ для обеспечения относительной плотности до 0,98–1 и $(1 \div 1,1)\,W_0$ – для более высоких плотностей.

3.5. Выбор грунтоуплотняющих машин сводится к подбору таких контактных давлений их рабочих органов (вальцов, пневмоколес, кулачка, решетки, плиты),

которые бы соответствовали пределам прочности уплотняемого грунта или были близки к ним (см.рисунок).



Зависимость относительной прочности связного грунта σ_p/σ_{po} и соответственно требуемых контактных давлений рабочих органов грунтоуплотняющих машин от его плотности (σ_{po} – предел прочности при $K_y = 1$)

В табл.5 приведены основные показатели уплотняющей способности машин, имеющихся в дорожно-аэродромном строительстве. Эти показатели соответствуют коэффициенту уплотнения грунта 0,95, для получения которого контактные давления машин могут составлять всего 60–70% значений, необходимых для достижения $K_y = 1$.

Для гарантированной реализации $K_y = 1,03 \div 1,04$ давления, соответствующие $K_y = 1$, должны быть увеличены в 1,5–1,7 раза, т.е. машины, в частности статического типа, должны быть минимум в 1,5 раза тяжелее.

Например, наиболее распространенные пневмоколесные катки массой около 25 т могут уплотнить связные грунты до $K_y = 0,95$ при контактных давлениях (и соответственно при давлении воздуха в шинах) около 0,4–0,5 МПа. Для достижения $K_y = 0,98 \div 1$ контактные давления при той же массе 25 т следует повысить до

Таблица 5

Тип грунтоуплотняющего средства	Наибольшая толщина слоя, уплотненного до $K_у$ = =0,95, см		Необходимое число проходов (ударов) по одному следу		Эксплуатационная производительность в смену, тыс.м^3	
	Вид грунта					
	Связный	Несвязный	Связный	Несвязный	Связный	Несвязный
Кулачковый каток прицепной массой 9–18 т	20–25	–	16–20	–	0,7–0,8	–
Решетчатый каток прицепной массой 25 т	35–40	40–50	10–12	6–8	1,0–1,2	1,6–1,8
Пневмоколесный каток прицепной или полуприцепной массой, т:						
10–15 (нагрузка на колесо 20–30 кН)	15–20	20–25	10–12	8–10	0,7–0,8	1,0–1,2
25–30 (50–60 кН)	30–35	35–40	8–10	6–8	1,2–1,4	1,7–2,0
40–50 (80–100 кН)	40–50	50–60	8–10	6–8	1,5–1,8	2,2–2,5
Вибрационный каток прицепной или самоходный массой, т:						
3–4	–	35–40	–	4–8	–	0,8–1,0
6–8	15–25	60–80	8–10	4–8	0,35 –0,4	2–2,3
12–15	35–50	100–120	8–10	4–8	0,6–0,8	3,5–4,0

Окончание табл.5

Тип грунтоуплотняющего средства	Наибольшая толщина слоя, уплотненного до $K_у$ = 0,95, см		Необходимое число проходов (ударов) по одному следу		Эксплуатационная производительность в смену, тыс.м^3	
	Вид грунта					
	Связный	Несвязный	Связный	Несвязный	Связный	Несвязный
Трамбующая машина на тракторе Т-130 с двумя падающими с высоты 1,1 м плитами массой по 1,3 т (подошва 1 м^2)	40-60	60-80	8-12	4-6	0,4-0,5	0,8-1,0
Трамбующая плита на экскаваторе массой, т.						
3 (подошва 1,5-2 м^2, сброс с 2-3 м)	100-120	150-180	10-12	6-8	0,3-0,4	0,7-0,8
5-6 (подошва 4 м^2, сброс с 4-5 м)	200-220	250-280	10-12	6-8	0,8-1,0	1,2-1,5
10-12 (подошва 7-8 м^2, сброс с 7-8 м)	300-320	350-400	10-12	8-10	1,0-1,2	1,5-1,8
Экскаватор с ковшом вместимостью 0,25-0,5 м^3 с гидромолотом (масса ударной части 100-200 кг)	30-40	50-60	40-60	20-30	0,05-0,08	0,12-0,14
Виброплита самоходная массой 100-200 кг	-	20-30	-	1-2	-	0,10-0,12
Ручная мото- или электротрамбовка массой 30-80 кг	15-25	20-40	25-30	20-40	0,03-0,07	-

0,6–0,8 МПа, а для $K_у$ = 1,03 – до 1–1,2 МПа при одновременном увеличении массы катка до 35–40 т.

На имеющихся катках последнее не всегда практически возможно осуществить, особенно если учесть недопустимость большой перегрузки их конструкции и отсутствие шин на максимальное давление воздуха 1–1,2 МПа.

Сравнительно легче повысить контактные давления у кулачковых катков, но они малоэффективны при уплотнении грунтов, имеющих влажность ниже оптимальной. Поэтому для уплотнения грунтов до высоких значений плотности ориентироваться на них не следует.

У решетчатых катков статического типа, способных хорошо уплотнять любые грунты, также довольно просто можно повысить контактные давления за счет балластировки при условии достаточной прочности их узлов и деталей.

При применении виброкатков качество уплотнения грунтов повышается при увеличении их массы и усилении виброударного режима воздействия вальца, т.е. для реализации $K_у \geq 1$ пригодны только тяжелые виброкатки – массой не менее 10–12 т.

Динамические контактные давления трамбующих плит на экскаваторах можно весьма оперативно регулировать путем изменения скорости удара (высоты сброса), следовательно, плиты обладают наибольшими потенциальными возможностями в достижении требуемых показателей плотности грунта, в том числе достаточно высоких.

3.6. Помимо повышения контактных давлений рабочих органов машин существуют другие технологические способы, которые позволят достичь $K_у$ =1–1,03 имеющимися в строительстве средствами.

К таким способам следует отнести: уменьшение толщины уплотняемого слоя грунта, увеличение числа проходов (ударов) машины по следу и снижение рабочей скорости машины.

Наибольший эффект наблюдается в тех случаях, когда все способы и приемы, ведущие к повышению качества уплотнения грунтов, используются одновременно или в комплексе.

3.7. Способ снижения толщины уплотняемого слоя можно считать наиболее действенным после способа повышения контактных давлений рабочего органа машины. Он применим практически всегда, за исключением тех случаев, когда толщина уплотняемого слоя слишком мала (20–25 см и менее).

Отсыпка более тонкого слоя, чем требуется для уплотнения до $K_у$ = 0,95 (см.табл.5), усиливает влияние более жесткого основания на получаемую плотность грунта и вызывает более интенсивное ее нарастание в зависимости от числа воздействий рабочих органов машин.

Указанные в табл.5 значения толщины слоя следует снизить примерно в 1,3–1,5 раза для обеспечения $K_у$ = = 0,98÷1 и примерно в 2 раза – для достижения $K_у$ = = 1÷1,03.

3.8. Нарастание плотности или деформации уплотняемого грунта в зависимости от числа приложений нагрузки (проходов катка или ударов трамбующей плиты) происходит по экспоненциальной закономерности.

Чем меньше контактное давление грунтоуплотняющей машины, тем большее время или большее число нагружений (проходов, ударов) потребуется для обеспечения необходимой плотности грунта, т.е. недостаток контактного давления может быть до некоторой степени компенсирован увеличением количества проходов (ударов) машины.

Однако каждому контактному давлению соответствует свой предел плотности (см.рисунок), который может оказаться ниже требуемых значений. К тому же для его достижения может потребоваться чрезмерно большое число приложений уплотняющей нагрузки (проходов или ударов), что экономически невыгодно.

Вследствие этого целесообразно увеличивать количество проходов только машин среднего и тяжелого типов. В частности, для обеспечения требуемого $K_у$ = = 0,98÷1 указанное в табл.5 количество проходов (ударов) надлежит увеличить почти в 1,5 раза, а для $K_у$ = = 1÷1,03 - в 2 раза.

3.9. Определенное влияние на конечную плотность оказывает рабочая скорость машины, так как от нее зависит продолжительность напряженного состояния грунта.

Хотя это влияние на столь существенно по сравнению с другими рассмотренными факторами, однако не учитывать его нельзя.

Укатку грунта для достижения высоких показателей плотности необходимо вести на скоростях, не превышающих 2,5-3 км/ч. При использовании же виброкатков их рабочие скорости надлежит поддерживать в пределах 1,5-2 км/ч.

3.10. Указанные способы достижения повышенных норм плотности грунтов являются ориентировочными. Они проверяются и уточняются по результатам пробного уплотнения, выполняемого на строительной площадке перед началом основных работ по возведению земляного полотна.

gost.e-ecolog.ru