

УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Уплотнение грунта – одно из важнейших условий, обеспечивающих требуемую прочность и допустимое морозное пучение.

Прочность и устойчивость земляного полотна и особенно грунтовых оснований дорожных покрытий в большой степени зависят от степени уплотнения грунтов.

СНиП РК 3.03-09-2006*

СП 78.13330.2012

СП 34.13330.2012

СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги

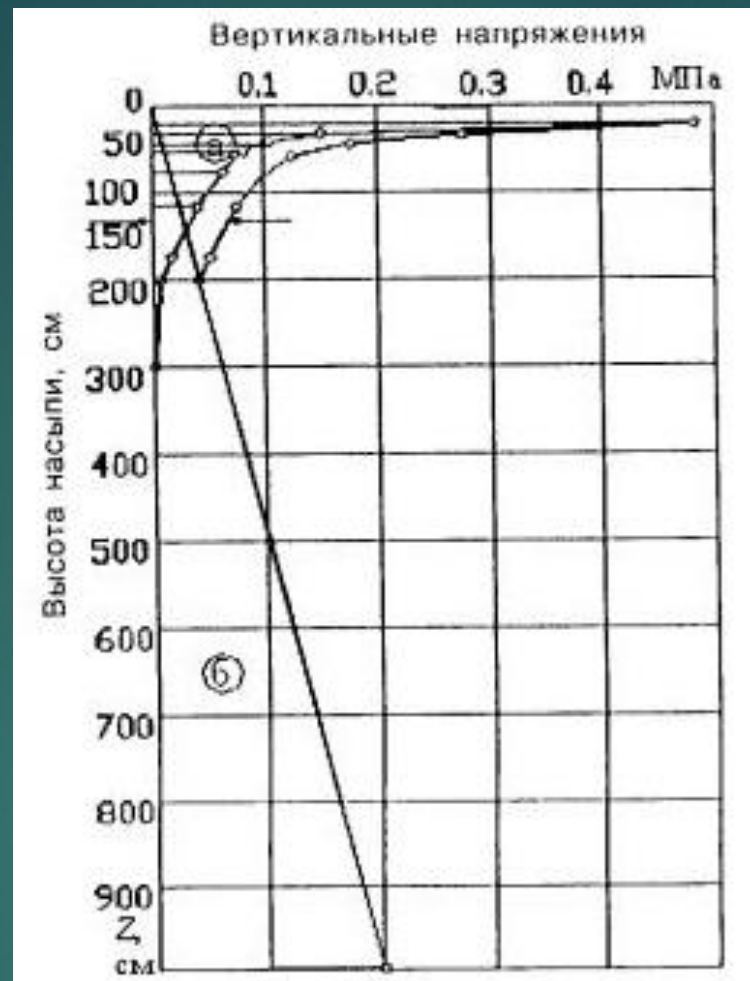
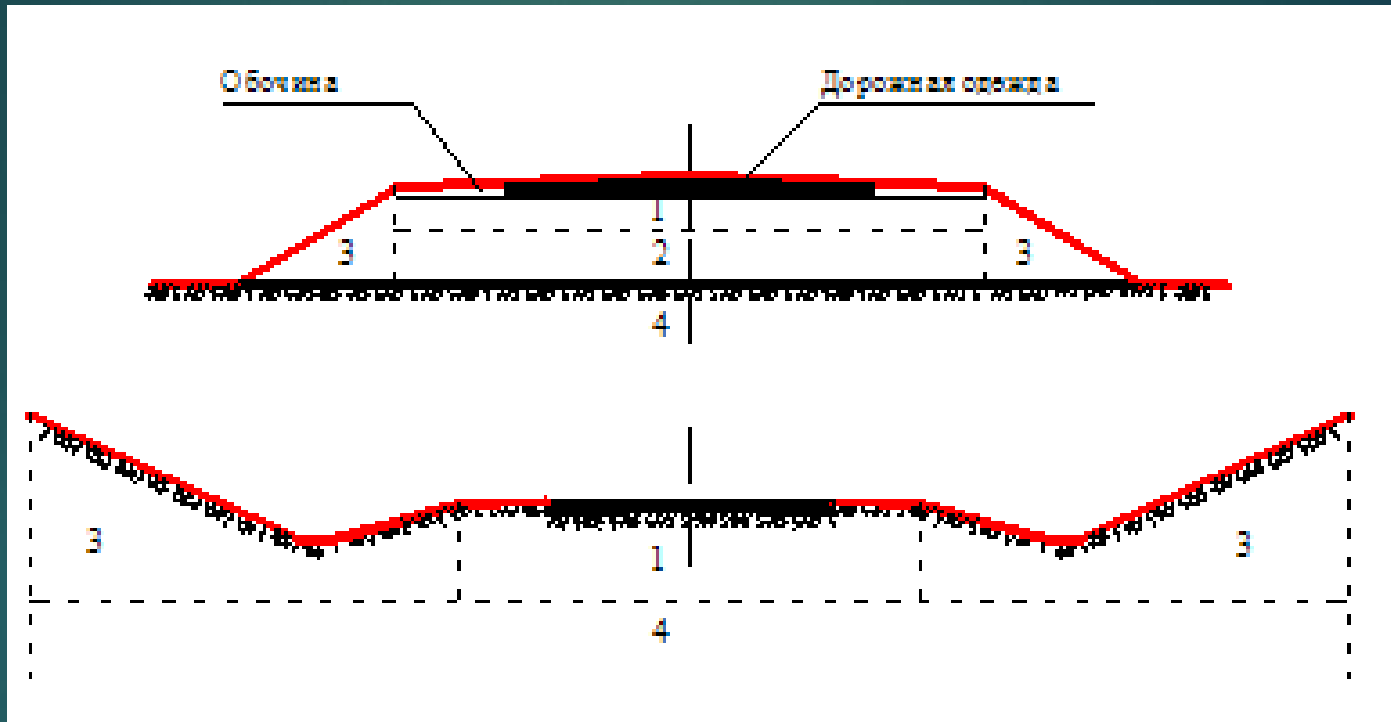



Рис. 9.1.1. Распределение вертикальных давлений в зоне земляного полотна:
 а – от временной нагрузки; б – от собственной массы

Элементы земляного полотна



1 – Рабочий слой (верхняя часть земляного полотна), 2 – Ядро насыпи, 3 – Откосные части, 4 – Основание насыпи (выемки)



Верхняя часть земляного полотна (рабочий слой) - часть земляного полотна, располагающаяся ниже дорожной одежды до глубины равной $\frac{2}{3}$ глубины промерзания, но не менее 1,5 м от поверхности проезжей части.

Основание насыпи - массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя, а при низких насыпях - и ниже границы рабочего слоя.

Основание выемки - массив грунта ниже границы рабочего слоя.

Таблица 9.1.1

Значения минимального требуемого коэффициента $K_{тр}$ от оптимального уплотнения K_o

Элементы земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Наименьший коэффициент уплотнения грунта при типе дорожных одежд			
		капитальном		облегченном и переходном	
		в дорожно-климатических зонах			
		III	IV, V	III	IV, V
Рабочий слой насыпи	до 1,5	1,0-0,98	0,98-0,95	0,98-0,95	0,95
Неподтопляемая часть насыпи	св. 1,5 до 6	0,95	0,95	0,95	0,90
		св. 6	0,98	0,95	0,95
Подтопляемая часть насыпи	св. 1,5 до 6	0,98-0,95	0,95	0,95	0,95
		св. 6	0,98	0,98	0,95
Рабочий слой выемки ниже зоны сезонного промерзания	до 1,2 до 0,8	0,95	-	0,95-0,92	-
		-	0,95-0,92	-	0,90

Примечания:

- Большие значения коэффициента уплотнения грунта следует принимать при цементобетонных покрытиях и цементогрунтовых основаниях, а также при дорожных одеждах облегченного типа, меньшие значения - во всех остальных случаях.
- Районы поливного земледелия при возможном дополнительном увлажнении земляного полотна следует отнести к III дорожно-климатической зоне.

Таблица 9.1.2

Значения коэффициента относительного уплотнения

Требуемый коэффициент уплотнения грунта	Значения коэффициентов относительного уплотнения k_1 для грунтов						
	пески, супеси, суглинки пылеватые	суглинки, глины	лессы и лессовидные грунты	скальные разрабатываемые грунты при объемной массе, г/см ³			шлаки, отвалы перерабатывающей промышленности
				1,9-2,2	2,2-2,4	2,4-2,7	
1,00	1,10	1,05	1,30	0,95	0,89	0,84	1,26-1,47
0,95	1,05	1,00	1,15	0,90	0,85	0,80	1,20-1,40
0,90	1,00	0,95	1,10	0,85	0,80	0,76	1,13-1,33

Примечание - Коэффициент уплотнения грунта - отношение плотности скелета грунта в конструкции к максимальной плотности скелета того же грунта при стандартном уплотнении по ГОСТ 22733.

$$\frac{\delta}{\gamma} + \frac{W \cdot \delta}{100} + \frac{V}{100} = 1, \quad (9.1.1)$$

$$\delta = \frac{1 - \frac{V}{100}}{\frac{1}{\gamma} + \frac{W}{100}} = \frac{\gamma \left(1 - \frac{V}{100}\right)}{1 + \frac{W\gamma}{100}}, \quad (9.1.2)$$

где δ - плотность скелета грунта, г/см³;

W - массовая доля влажности грунта, %;

V - объем воздуха, %;

γ - плотность твердой фазы грунта (истинная плотность скелета, г/см³);

1 - единичный объем грунта (1 см³).

Определение оптимальной плотности и влажности грунта

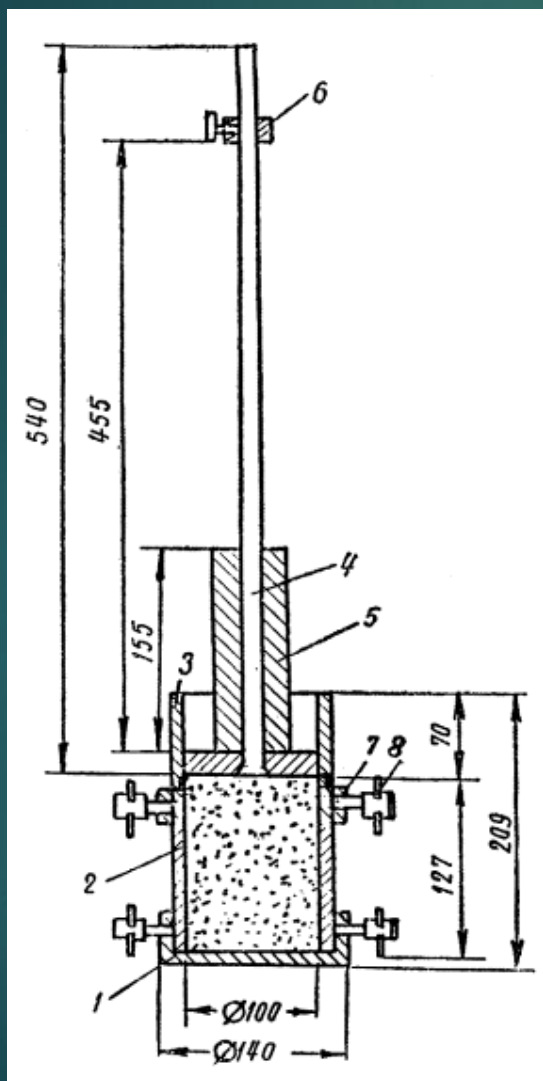


Рис. 9.2.1. Прибор Союздорнии для стандартного уплотнения:
1-подстаканник; 2-разъемный цилиндр; 3-верхний стакан; 4-стойка с уплотнителем; 5-груз; 6-ограничительное кольцо; 7-зажимное кольцо; 8-зажимный винт

Прибор (рис. 9.2.1) состоит из подстаканника, разъемного цилиндра диаметром $100+0,1$ мм и высотой $127+0,1$ мм, верхнего стакана, стойки с уплотнителем, груза весом 2,5 кг, ограничительного кольца с винтом, зажимного кольца с зажимными винтами. Вес стойки с уплотнителем и ограничительным кольцом составляет 1,3-1,4 кг. Указанные размеры прибора должны быть тщательно выдержаны.

Производство работ по уплотнению земляного полотна

Основными условиями обеспечения высокого качества работ по уплотнению грунтов и достижения ими требуемой плотности являются:

- ▶ правильный выбор уплотняющих средств в соответствии со свойствами уплотняемых грунтов;
- ▶ обеспечение начального состояния грунтов, способствующего их эффективному уплотнению;
- ▶ назначение толщины слоев уплотняемых грунтов в соответствии с нагрузкой на них от уплотняющих машин;
- ▶ рациональный режим уплотняющих средств: применение предварительного уплотнения, соблюдение необходимой последовательности проходов и обеспечение их требуемого числа и т.п.;
- ▶ своевременный и тщательный контроль плотности.



КАТОК С РЕШЁТЧАТЫМ ВАЛЬЦЕМ



Решетчатые катки – их применяют для уплотнения связных и несвязных грунтов, которые содержат твердые включения, например крупнообломочные грунты. Особенно эффективны эти катки при уплотнении грунтов, содержащих мерзлые комья. Качество уплотнения в последнем случае достигается за счет дробления комьев.



Таблица 9.3.1

Тип машин	Уплотняемый грунт и условия работы	Применение в зимнее время	Применение в узких местах	Толщина слоя, см	Производительность, м ³ /час
Катки прицепные решетчатые	Рыхлые связные и несвязные в зимнее время, гравелистые и крупнообломочные при линейных работах	Целесообразно	Невозможно	25-35	100-200
Виброплиты самоходные тяжелые	Несвязные гравелистые при линейных работах (тяжелые плиты) и несвязные в «узких» местах (легкие плиты)	Нецелесообразно	Возможно	35-40	20-50
Вибрационные прицепные катки	Несвязные, в том числе гравелистые при линейных работах	Нецелесообразно	Невозможно	30-40	200-300

Таблица 9.3.2.

Формулы для определения оптимальной толщины уплотняемого слоя

Уплотняющее средство	Связные грунты	Несвязные грунты
Гладкие вальцовые катки	$H = 0,25 \frac{W}{W_o} \sqrt{qR}$	$H = 0,35 \frac{W}{W_o} \sqrt{qR}$
Кулачковые катки	$H = 0,65(I + 2,5b - h_p)$	Не уплотняют
Катки на пневматических шинах	$H = 0,53 \frac{W}{W_o} \sqrt{Q}$	

Условные обозначения:

- ▶ W, W_o - соответственно фактическая и оптимальная влажность грунта;
- ▶ q - удельное линейное давление, Па;
- ▶ R - радиус вальца катка, см;
- ▶ I - длина кулачка, см;
- ▶ b - минимальный размер опорной части поверхности кулачка, см;
- ▶ h_p - глубина рыхления уплотненного слоя грунта кулачками (5 см);
- ▶ Q - нагрузка на колесо катка, кг.

число проходов для катков

$$n = \frac{A_{уд} H_0}{qf}, \quad (9.3.1)$$

число ударов для трамбуемых машин

$$n_0 = \frac{A_{уд} H_0}{q_0 f}, \quad (9.3.2)$$

где

$A_{уд}$ – удельная работа машин для уплотнения связных грунтов при $K_{упл} = 0,95 - 0,20$ Дж/см³; при $K_{упл} = 0,98 - 0,40$ Дж/см³; при $K_{упл} = 1 - 0,60$ Дж/см³; для несвязных грунтов значения $A_{уд}$ уменьшают в 1,5 раза;

H_0 – толщина уплотняемого слоя в плотном теле, см;

q – линейное давление катка, Н/см;

$$q = \frac{Q}{B};$$

q_0 – статическое давление трамбуемого органа машины, Н/см²; $q_0 = \frac{Q}{F}$;

Q – масса катка или трамбуемой плиты, Н;

B – ширина рабочей площади катка, см;

F – площадь сопротивления трамбуемой плиты, см²;

f – коэффициент сопротивления движению катка;

Таблица 9.3.3

Наименование и тип машины	Оптимальная толщина слоя в плотном теле, см		Необходимое число проходов (ударов)		Примерная производительность, м ³ /ч	
	связный грунт	несвязный грунт	связный грунт	несвязный грунт	связный грунт	несвязный грунт
Кулачковый каток	<u>20...25</u> 15...20	-	<u>6...8</u> 8...12	-	130...170	-
Катки прицепные на пневматических шинах:						
12...15 т	<u>15...20</u> 10...15	<u>20...25</u> 15...20	<u>6...8</u> 8...12	<u>4...6</u> 6...8	60...90	140...200
25...30 т	<u>30...35</u> 20...25	<u>35...40</u> 25...30	<u>6...8</u> 8...10	<u>4...6</u> 6...8	90...140	200...300
40...50 т	<u>35...40</u> 25...30	<u>45...50</u> 35...45	<u>6...8</u> 8...10	<u>4...6</u> 6...8	140...200	250...300
Трамбующая машина	<u>40...50</u> 30...40	<u>50...60</u> 40...50	1	1	130...150	450...500
Трамбующая плита массой 2 т при высоте падения 2 м	<u>80...90</u> 70...80	<u>100...110</u> 80...90	<u>4...6</u> 6...8	<u>2...4</u> 4...6	30...80	45...100
Вибрационные катки:						
3 т	-	30...40 20...30	-	3...4	-	200...250
6 т	-	40...60 30...50	-	3...4	-	250...300

Примечание. В числителе данные, соответствующие требуемому коэффициенту уплотнения 0,95, в знаменателе коэффициенту уплотнения 0,98...1,0.

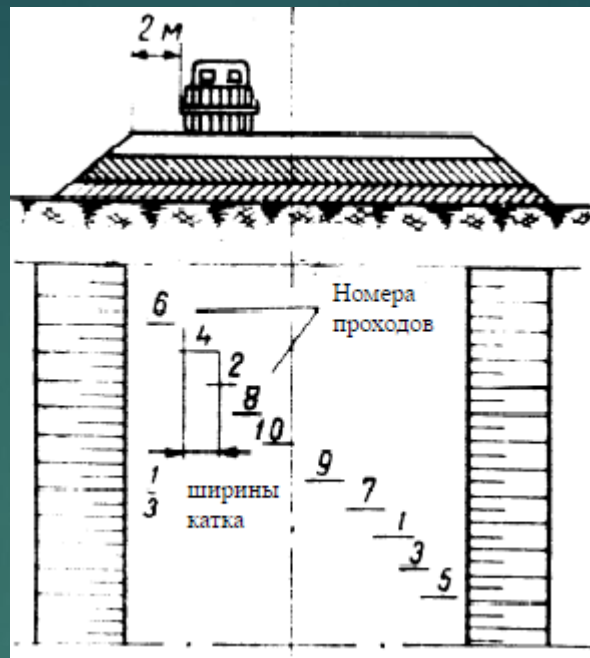


Рис. 9.4.1. Схема движения пневмоколесного катка при уплотнении насыпей (цифрами показана последовательность движения катка)

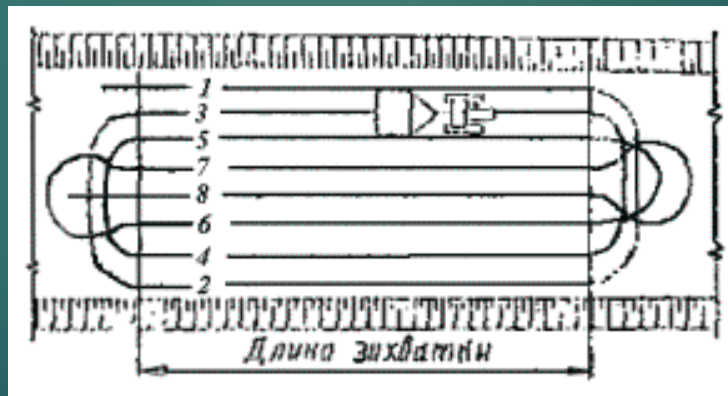


Рис. 9.4.2. Схема движения трактора с кулачковыми катками:
1-8 – последовательность проходов