

С

ПРАВОВОЕ

ПОСОБИЕ

ПО МЕХАНИЗИРОВАННОМУ

УПАКОВАННИЮ

ГРУНТОВ



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОРГАНИЗАЦИИ, МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ  
СТРОИТЕЛЬСТВУ (НИИОМТП)

НЕКЛЮДОВ М. К.,  
кандидат технических наук

# СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ ПО МЕХАНИЗИРОВАННОМУ УПЛОТНЕНИЮ ГРУНТОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
Москва—1965

В справочном пособии по механизированному уплотнению грунтов приведены физико-механические свойства грунтов и требуемые нормы их уплотнения в зависимости от вида земляного сооружения.

Дается технология производства работ по уплотнению грунтов, методы контроля уплотнения грунтов и направление в части их совершенствования; рассмотрены механизированные способы уплотнения грунтов, включая зарубежный опыт.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и производством земляных работ.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Программой построения коммунистического общества в нашей стране, принятой историческим XXII съездом КПСС, определена главная экономическая задача на ближайшие 20 лет — создание материально-технической базы коммунизма, что потребует невиданного размера капитального строительства.

Огромные масштабы капитального строительства требуют быстрого развития и совершенствования методов производства работ и ликвидации тяжелого ручного труда при комплексной механизации всех строительных процессов.

Уплотнение грунтов машинами является основным и сложным процессом в общем комплексе производства земляных работ, годовой объем которых в нашей стране в связи с намеченным ростом капитальных вложений достигает грандиозной цифры.

Уплотнение грунтов применялось еще римлянами — римские дороги имели глинистые прослойки (задерживающие проникание влаги), которые тщательно уплотнялись.

В России первые правила по уплотнению грунтов и некоторые теоретические его основы были сформулированы в прошлом столетии в «Трудах Вольного экономического общества» издания 1801 г. Однако до Великой Октябрьской революции земляные работы были плохо механизированы, дорожного машиностроения в России не было и для возведения насыпей выписывались из-за границы катки. Этим и ограничивалась вся номенклатура уплотняющей техники. По-настоящему исследования в области уплотнения грунтов были поставлены лишь после Великой Октябрьской революции.

Большие исследования по искусственному изменению свойств грунтов были осуществлены в связи с постройкой Московского метрополитена, автомобильной магн-

сграли Москва — Минск и ряда других крупных сооружений. В послевоенный период вопросы совершенствования методов уплотнения грунтов получили еще большее развитие. Необходимый эффект от уплотнения грунтов машинами может быть получен только при правильно примененной технологии производства с современно организованным эффективным контролем за качеством выполнения грунтоуплотнительных работ. Правильно выбрать технологию грунтоуплотнительных работ важно как при разработке проектной документации, так и при производстве земляных работ.

Справочное пособие ознакомит инженерно-техническую общественность с современными грунтоуплотняющими средствами, серийно изготавливаемыми отечественным машиностроением и осваиваемыми строительными организациями, а также с методами повышения технико-экономической эффективности применения этих машин, прогрессивной технологией грунтоуплотнительных работ и способами контроля за качеством выполняемых работ. Указанным вопросам предшествует изложение основных сведений о строительных свойствах грунтов, правильный учет которых во многом предопределяет эффективность грунтоуплотнительных работ.

Уплотнение грунтов рассматривается как в общей форме применительно ко всему строительству, так и для отдельных условий производства земляных работ в промышленном, гражданском строительстве, имеющем свои специфические особенности.

Настоящее пособие разработано лабораторией земляных работ и инженерной подготовки НИИОМТП и составлено канд. техн. наук М. К. Неклюдовым при участии в оформлении чертежей сотрудника лаборатории В. П. Горбанева.

Рукопись справочного пособия одобрена секцией Ученого совета НИИОМТП по технологии строительного производства 10 апреля 1964 г.

---

## Глава первая

### ГРУНТЫ

#### § 1. Основные сведения о грунтах

Грунты как материал для земляных сооружений представляют собой продукты естественного разрушения или искусственного раздробления пород и подразделяются на **скальные** и **нескальные**.

**Скальные грунты** залегают в природных условиях в виде сплошного массива (иногда расчлененного трещинами) и обладают жесткой внутренней связью.

**Нескальные грунты** залегают в природных условиях в виде несцементированных между собой частиц различной крупности.

Оценка строительных свойств скальных и нескальных грунтов производится по их физико-механическим характеристикам в лабораторных и полевых условиях.

Нескальные грунты подразделяются на следующие типы:

**Крупнообломочные** — несцементированные грунты, содержащие более 50% по весу частиц размерами более 2 мм.

**Песчаные** — сыпучие в сухом состоянии грунты, не обладающие пластичностью, содержащие менее 50% по весу частиц крупнее 2 мм и до 3% глинистых частиц менее 0,005 мм.

**Глинистые связанные** грунты, для которых число пластичности  $W_p \geq 1$ .

**Примечание.** Числом пластичности грунта  $W_p$  называется разность весовых влажностей, выраженных в процентах, соответствующих двум состояниям грунта: на границе текучести —  $W_T$  (влажность, при незначительном превышении которой грунт переходит в текучее состояние) и на границе раскатывания —  $W_o$  (влажность, при которой грунт, раскатываемый в жгут толщиной 3 мм, начинает крошиться).

Глинистые грунты в зависимости от влажности могут находиться в твердом, пластичном и текучем состоянии (рис. 1).

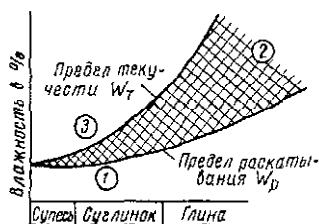


Рис. 1. Состояние различных глинистых грунтов в зависимости от влажности  
1 — твердое; 2 — пластичное; 3 — текучее

**Особые грунты**, обладающие в отличие от других не скальных грунтов повышенным содержанием органических веществ и воднорастворимых солей, вследствие чего при использовании их для возведения земляных сооружений требуется разработка специальных мероприятий.

Крупнообломочные и песчаные грунты согласно СНиП II-A.10-62 в зависимости от зернового состава подразделяются на виды, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Виды крупнообломочных и песчаных грунтов

Виды грунтов	Содержание частиц (обломков) по крупности в % от песка сухого грунта в мм				
	10 мм	2 мм	0,5 мм	0,25 мм	0,1 мм
<b>А. Крупнообломочные</b>					
Грунт щебенистый (при преобладании окатанных частиц—галечниковый) . . . . .	>50	—	—	—	—
Грунт дресвяный (при преобладании угловатых частиц—гравийный) . . . . .	—	>50	—	—	—
<b>Б. Песчаные</b>					
Песок гравелистый . . . . .	—	>25	—	—	—
То же, крупный . . . . .	—	—	>50	—	—
„ средней крупности . . . . .	—	—	—	>50	—
„ мелкий . . . . .	—	—	—	—	>75
„ пылеватый . . . . .	—	—	—	—	<75

Примечания. 1 Наименования грунта принимаются по первому удовлетворяющему показателю в порядке их расположения в таблице

2. При степени неоднородности песчаного грунта  $\eta > 3$ , к наименованию песков добавляется «неоднородный». Неоднородность грунта измеряется отношением

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (1)$$

где  $d_{60}$  — диаметр частиц, меньше которого в данном грунте содержится по весу 60% частиц;

$d_{10}$  — диаметр частиц, меньше которого в данном грунте содержится по весу 10% частиц.

**Пример.** Определить вид грунта и степень его неоднородности по следующему зерновому составу (в % по весу):

частиц крупнее	10 мм	8
"	2 "	(8+12)=20
"	0,5 "	(20+20)=40
"	0,25 "	(40+26)=66
"	0,1 "	(66+24)=90

Первым сверху диаметром, соответствующим одному из показателей табл. 1, будет диаметр частиц 0,25 мм. Этому диаметру соответствует 66% частиц грунта по весу, что составляет более 50% по табл. 1. Поэтому данный грунт следует именовать песком средней крупности.

Диаметры частиц, меньше которых содержится 60 и 10% частиц по весу, как видно из данного примера, оказываются равными:  $d_{60}=0,5$  мм;  $d_{10}=0,1$  мм

В этом случае коэффициент неоднородности будет

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,5}{0,1} = 5.$$

При содержании органических веществ более 3% по весу от минеральной части песчаные грунты относятся к особому виду.

При содержании воднорастворимых солей более 0,3% по весу от нерастворенной части песчаные грунты относятся к засоленным, степень которых устанавливается согласно табл. 7.

Песчаные грунты называются: маловлажными, если степень влажности  $q \leq 0,5$ ; влажными, если  $0,5 < q \leq 0,8$ ; насыщенными водой, если  $q > 0,8$ .

Степень влажности грунта  $q$  (доля заполнения пор грунта водой) определяется по формуле

$$q = \frac{W \gamma_y}{\varepsilon_0 \gamma_b}, \quad (2)$$

где  $W$  — весовая влажность грунта в насыпи (карьере), выраженная в долях единицы;

$\gamma_y$  — удельный вес материала частиц грунта в г/см<sup>3</sup>;



$\epsilon_0$  — коэффициент пористости песчаного грунта в насыпи (карьере).

$\gamma_w$  — удельный вес воды, принимаемый равным  $1 \text{ г/см}^3$ .

**Пример.** Лабораторный анализ грунта показал, что при объемном весе грунта  $\gamma_{об} = 1,95 \text{ г/см}^3$  его удельный вес  $\gamma_w = 2,64 \text{ г/см}^3$ , естественная влажность  $W=0,22$ , коэффициент пористости  $\epsilon_0 = 0,65$ . Степень влажности грунта будет равна:

$$g = \frac{2,64 \cdot 0,22}{1 \cdot 0,65} = 0,89.$$

Поэтому данный грунт следует считать грунтом, насыщенным водой.

Таблица 2

Подразделение песчаных грунтов по плотности

Состояние плотности	Коэффициент относительной плотности $D$
Рыхлое . . . .	0—0,33
Среднее . . . .	0,33—0,66
Плотное . . . .	0,66—1,00

**Примечание.** Коэффициент относительной плотности  $D$  песчаных грунтов вычисляется по формуле

$$D = \frac{\epsilon_{\max} - \epsilon_0}{\epsilon_{\max} - \epsilon_{\min}}, \quad (3)$$

где  $\epsilon_{\max}$  — коэффициент пористости песчаного грунта при самом рыхлом сложении;

$\epsilon_{\min}$  — коэффициент пористости песчаного грунта при самом плотном сложении;

$\epsilon_0$  — коэффициент пористости песчаного грунта в насыпи (карьере).

Песчаные грунты в зависимости от величины коэффициента относительной плотности  $D$  подразделяются на рыхлые, средней плотности и плотные согласно табл. 2.

Глинистые грунты согласно СНиП II-A.10-62 в зависимости от числа пластичности подразделяются на виды согласно табл. 3.

Таблица 3

Виды глинистых грунтов

Грунт	Число пластичности
Супесь . . . .	$1 < W_p \leq 7$
Суглинок . . . .	$7 < W_p \leq 17$
Глина . . . . .	$W_p > 17$

Глинистые грунты по зерновому составу подразделяются на виды согласно табл. 4.

Таблица 4

Подразделение глинистых грунтов на виды по зерновому составу

Грунт	Содержание частиц по крупности в % от веса сухого грунта		
	глинистых < 0,005 мм	пылеватых 0,005—0,05 мм	песчаных 0,05—2 мм
Супесь:			
легкая . . . . .	3—6	—	Больше, чем пылеватых
легкая пылеватая . .	3—6	Больше, чем песчаных	—
тяжелая . . . . .	6—10	—	Больше, чем пылеватых
тяжелая пылеватая . .	6—10	Больше, чем песчаных	—
Суглинок:			
легкий . . . . .	10—20	—	Больше, чем пылеватых
легкий пылеватый . .	10—20	Больше, чем песчаных	—
тяжелый . . . . .	20—30	—	Больше, чем пылеватых
тяжелый пылеватый . .	20—30	Больше, чем песчаных	—
Глина:			
обычная . . . . .	30—60	Не нормируется	—
тяжелая (жирная) . .	> 60	То же	—

Примечания: 1. При содержании гравия от 10 до 25% грунт получает наименование — глина (суглинок, супесь) с гравием.

2. При содержании гравия от 25 до 50% грунт получает наименование — гравелистая глина (суглинок, супесь).

3. При содержании органических веществ более 5% по весу от минеральной части глинистые грунты относятся к особому виду.

4. При содержании воднорастворимых солей более 0,3% по весу от нерастворимой минеральной части глинистые грунты относятся к засоленным, степень засоления которых устанавливается согласно табл. 7.

Глинистые грунты согласно СНиП II-A.10-62 различаются по классификации, приведенной в табл. 5.

Таблица 5

Подразделение глинистых грунтов по консистенции

Консистенция глинистых грунтов	Показатель консистенции $B$
Супеси	
Твердая . . . . .	$B < 0$
Пластичная . . . . .	$0 \leq B < 1$
Текучая . . . . .	$B > 1$

Консистенция глинистых грунтов	Показатель консистенции $B$
Суглинки и глины	
Твердая . . . . .	$B < 0$
Полутвердая . . . . .	$0 \leq B \leq 0,25$
Тугопластичная . . . . .	$0,25 \leq B \leq 0,50$
Мягкопластичная . . . . .	$0,50 \leq B \leq 0,75$
Текучепластичная . . . . .	$0,75 \leq B \leq 1$
Текучая . . . . .	$B > 1$

Примечание. Показатель консистенции вычисляется по формуле

$$B = \frac{W - W_p}{W_n}, \quad (4)$$

где  $W$  — весовая влажность глинистого грунта в насыпи (карьер), выраженная в долях единицы;

$W_p$  — влажность его на границе раскатывания;

$W_n$  — число пластичности.

Перечень физико-механических характеристик нескальных грунтов, необходимых для оценки их строительных свойств, приводится в табл. 6.

Таблица 6

Перечень основных характеристик нескальных грунтов,  
необходимых для оценки их строительных свойств

Основные характеристики	Грунт		
	крупнообломочный	песчаный	глинистый
Удельный и объемный вес скелета . . . . .	+	+	+
Пластичность . . . . .	—	—	+
Зерновой состав . . . . .	+	+	+
Содержание водорастворимых солей . . . . .	+	+	+
» органических веществ . . . . .	+	—	+
Минеральный состав . . . . .	—	+	+
Естественная влажность . . . . .	—	+	+
Коэффициент фильтрации . . . . .	+	+	+
Показатели сдвига . . . . .	+	+	+
Компрессионные свойства . . . . .	—	—	+

Примечание. Объемный вес крупнообломочных и песчаных грунтов определяется при рыхлом и плотном сложении, а также в естественном залегании. Последнее определение производится в полевых условиях. В таблице знак «плюс» обозначает необходимость иметь соответствующую характеристику для грунта; знак «минус» обозначает, что характеристика не требуется.

К особым грунтам относятся торфы и заторфованные грунты, черноземы, илы, лёссовые, солонцовые, солончаковые и такырные грунты, оценка строительных свойств которых производится по специальной программе.

а) **Торфы** — залежи, образовавшиеся в результате разложения **растительных остатков** при избыточном их увлажнении. Наряду с минеральными частицами, торфы в месторождениях содержат более 60% (по весу в сухом виде) **растительных остатков** с различной степенью разложения и отличаются высокой сжимаемостью, малым удельным весом (от 1,3 до 1,6 г/см<sup>3</sup>) и низким сопротивлением сдвигу.

б) **Заторфованные грунты** содержат от 10 до 60% (по весу в сухом виде) органических веществ и растительных остатков.

При содержании органических веществ менее 10% они именуются грунтами с примесью органических веществ.

в) **Черноземы** — грунты с содержанием в верхних слоях от 4 до 20% (по весу в сухом виде) органических веществ (гумуса), обладающие зернистой или комковатой структурой, имеющие в нижних слоях от 5 до 8% карбонатов.

г) **Илы** — глинистые грунты в начальной стадии своего формирования, образовавшиеся как структурный осадок в воде.

Илы отличаются высокой сжимаемостью и низким сопротивлением сдвигу.

д) **Лёссовые грунты** — обладают малой влажностью, имеют крупные поры, видимые невооруженным глазом, благодаря чему обладают высокой пористостью (от 40 до 55%). По природной влажности и сложенности лёссовые грунты являются устойчивыми в вертикальных откосах, но при увлажнении быстро размокают, теряют устойчивость и дают резкие осадки под нагрузкой.

е) **Солонцовые грунты** — солонцы, которые характеризуются последовательным залеганием слоев, различающихся по свойствам и химическому составу. Верхний горизонт является сравнительно рыхлым и слабозасоленным. В сухом состоянии солонцовые грунты обладают твердостью, во влажном — большой вязкостью, липкостью.

ж) **Солончаковые грунты** — солончаки, содержащие выше 1% легкорастворимых солей, распространенных

по всей толще их залегания до 1—2 м и более. На дневной поверхности часто образуются соляные корки. В сухом состоянии обладают твердостью, во влажном — вязкостью.

з) **Такырные грунты** — грунты, представляющие собой пустынные, преимущественно глинистые образования с гладкой поверхностью, разделенной трещинами. Такырные грунты содержат в небольшом количестве легкорастворимые соли.

При увлажнении эти грунты обладают большой вязкостью, а в сухом состоянии — твердые.

Грунты по степени засоления подразделяются согласно табл. 7.

Таблица 7

**Классификация грунтов по степени засоления**

Степень засоления	Среднее суммарное содержание воднорастворимых солей в грунте в % по весу	
	хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление	сульфатное и хлоридно-сульфатное засоление
Слабозасоленные . . . . .	0,3—1	0,3—0,5
Среднезасоленные . . . . .	1—5	0,5—2
Сильнозасоленные . . . . .	5—8	2—5
Избыточнозасоленные . . . . .	> 8	> 5

Грунты называются мерзлыми, если они содержат в своем составе лед при отрицательной или нулевой температуре. Наименования видов мерзлых грунтов определяются после оттаивания их по номенклатуре, принятой для талых грунтов.

## § 2. Способы определения основных характеристик грунта

При выполнении земляных работ в условиях строительной площадки характеристики грунтов бывает необходимо определять упрощенными способами. Для этих целей можно использовать данные, приведенные в табл. 8, 9 и 10.

Таблица 3

## Примерные способы определения вида глинистого грунта

Грунт	При ощупе при растекании	Через лопу	В сухом состоянии или в воде	В воде	При скатывании в сухом состоянии	При скатывании в сухом состоянии	При резке ножом в сыром состоянии
Глина	При растягивании между пальцами песчаных частиц не чувствуется, комочки разваливаются в струду	Песчанка не имеет	Берется в кулак	Пыльная, известковая, жирная, маслянистая	Образуется длинный (толщина 1 мм) шнур	Образуется шар, который скатывается в лепешку, не преломляясь по краям	Образуется длинный непрерывный, в котором не видно песчинок
Суглинок	При растягивании чувствуется песчаные частички. Комочки разваливаются легко	Ясно видно песчаные включения на фоне тонкого порошка	Берется в кулак, не совсем тверды на ударе, комочки рассыпаются, образуя мелочь	Пыльная, известковая, маслянистая, без запаха	Не образуется длинного шнура	Шар не скатывается, превращается в лепешку	Не образуется непрерывного
Силес	Пробитый песчаные частички. Комочки разваливаются без труда	Видно большое количество песчаных включений, которые пробиваются без затруднения	Комья легко разбиваются и рассыпаются от удара лопаты	Новая глина	Шнур скатывается с трудом	Образуется шар, который при ударе разваливается в комья	—

Примерные способы определения вида несвязных грунтов

Грунт	На ощупь при растирании	Через лупу либо простым глазом	В сухом состоянии
Галька (щебень)	Галька имеет окатанную форму, щебень—остроугольную	Зерна крупнее ореха составляют (по весу) более половины образца, между ними мелкое заполнение	Цементации нет
Гравий (дресва)	Гравий имеет частично окатанную форму, дресва—с острыми краями	Зерна от горошины до мелкого ореха составляют (по весу) более половины образца, между ними мелкое заполнение	То же
Песок крупный	Глинистых частиц не чувствуется	Значительное число зерен имеет размер гречневой крупы	,
Песок средний	Глинистых частиц не чувствуется	Основная масса имеет размер проса. В лупу видны только песчаные частицы	"
Песок мелкий	То же	Зерна слабо различаются глазом. В лупу видны только песчаные частицы	"
Песок пылеватый	Напоминает жесткую муку или пыль	Мелкая мучнистая смесь типа крупчатой муки. Отдельные зерна в массе различать простым глазом трудно	,

Таблица 10

Примерные способы определения влажности грунта

Степень влажности	Грунт	
	песчаный	глинистый
Сухой	Влага не видна, при сжатии в горсть быстро рассыпается	Влажность не ощущается; разламывается с большим усилием, иногда надо применять молоток, чтобы разбить кусок, при растирании пылит
Маловлажный	При сжатии в горсть чувствуется влага по ощущению холода; при встряхивании на ладони рассыпается в комки	При сжатии чувствуется влага по ощущению холода, цвет темнее, чем в сухом состоянии; почти не лепится, но режется ножом

Степень влажности	Грунт	
	песчаный	глинистый
Влажный	Фильтровальная бумага, на которой лежит грунт, остается сухой либо сыреет только через некоторое время В руке при сжатии ощущается влажность; можно придать форму, которая при разжатии сохраняется довольно долгое время	В руке ощущается влажность, легко лепится, но не крошится; капли воды медленно всасываются внутрь образца
Насыщенный	Фильтровальная бумага, на которой лежит грунт, быстро сыреет, и на ней образуется пятно На ладони при встряхивании образует лепешку	Капли воды расплываются на поверхности образца, не всасываясь внутрь
Переувлажненный	В спокойном состоянии растекается	расползается и растекается

**Удельный вес грунта.** Удельный вес грунта ориентировочно принимается следующий: песок  $2,66 \text{ г/см}^3$ , супесь  $2,70 \text{ г/см}^3$ , суглинок  $2,71 \text{ г/см}^3$ , глина  $2,72—2,74 \text{ г/см}^3$ . Возможная погрешность при этом не будет превышать 1—2%.

В лабораторных условиях удельный вес грунта (ГОСТ 5181—64) определяется следующим образом.

В пикнометр (мерную колбу) емкостью  $100 \text{ см}^3$  наливают прокипяченную дистиллированную воду до отметки  $100 \text{ см}^3$ . Затем остужают ее до комнатной температуры и устанавливают мениск прибавлением нескольких капель прокипяченной дистиллированной воды, далее тщательно вытирают колбу при помощи фильтровальной бумаги и взвешивают (вес  $q$ ).

После этого грунт в воздушно-сухом состоянии размельчают пестиком в фарфоровой ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий 2 мм. Из просеянного грунта берут две навески по 10 г: одну для определения удельного веса и другую для гигроскопической влажности.

Навеску для определения удельного веса отвешивают в фарфоровой чашке. Из чашки навеску пересыпают через воронку (при помощи стеклянной палочки) в пикнометр, а остатки грунта смывают дистиллированной водой при помощи груши.



Дистиллированную воду в пикнометр с грунтом наливают примерно на  $\frac{1}{3}$  его емкости, несколько раз взбалтывают и кипятят в течение 1 ч (суглинки и глины) и 30 мин (пески и супеси), не допуская разбрызгивания содержимого.

Пикнометр охлаждают в ванне с водой до температуры, при которой он тарировался, и устанавливают нижний край мениска на уровне черты пикнометра прибавлением прокипяченной дистиллированной воды.

Тщательно вытирают колбу и взвешивают ее вместе с содержимым (вес  $q_2$ ).

Навеску для определения гигроскопической влажности отбирают в стеклянный сушильный стаканчик, взвешивают и сушат с открытой крышкой в сушильном шкафу при температуре 105—110°C в течение 4 ч. После высушивания стаканчик с грунтом закрывают крышкой и ставят в эксикатор с хлористым кальцием для охлаждения на 20—30 мин и взвешивают. Дополнительно сушат, в течение 1—2 ч охлаждают и вновь взвешивают до тех пор, пока разница между двумя последующими взвешиваниями будет не более 0,02 г. Гигроскопическая влажность подсчитывается по формуле

$$W = \frac{q_1 - q_2}{q_2 - q} 100\%, \quad (5)$$

где  $q_1$  — вес сушильного стаканчика с крышкой и влажным грунтом;

$q_2$  — вес сушильного стаканчика с крышкой и высушенным грунтом;

$q$  — вес сушильного стаканчика с крышкой, без грунта.

Удельный вес подсчитывают по формуле

$$\gamma_y = \frac{g_1}{(g_1 + g) - g_2} \gamma_w, \quad (6)$$

где  $g_1$  — вес навески грунта с напавкой на гигроскопическую воду;

$g$  — вес пикнометра с водой, налитой до черты;

$g_2$  — вес пикнометра с грунтом и водой;

$\gamma_w$  — удельный вес воды.

Взвешивание производят с точностью до 0,01 г. Подсчитывают удельный вес с точностью до 0,01 г/см<sup>3</sup>.

Для каждого образца производят два определения и берут среднее арифметическое из этих определений. Расхождение между параллельными определениями допускается  $0,02 \text{ г/см}^3$ .

Таблица 11

**Предел текучести грунта.**

Определение предела текучести грунта производится прибором балансирий конус (ГОСТ 5184—64). Весовая влажность грунта в процентах соответствует пределу текучести, если балансирий конус (вес 76 г) погружится в грунтовое тесто за 5 сек на глубину

10 мм. Средние значения предела текучести грунта приводятся в табл. 11.

Предел текучести грунта

Грунт	Предел текучести в %
Глина . . . . .	> 44
Суглинок . . . . .	44—26
Супесь . . . . .	26—18
Песок . . . . .	18—13

**Предел раскатывания грунта.** При проведении испытаний (ГОСТ 5183—64) образец грунта весом около 100 г, предварительно просеянный через сито с сеткой № 1, смачивают водой и разминают шпателем до получения густого теста. После выдерживания грунтового теста не менее 2 часов в закрытом сосуде небольшие его кусочки раскатывают пальцами руки на стеклянной пластинке или на листе плотной глянцевой или восковой бумаги до образования жгута диаметром около 3 мм. Искомая граница влажности считается найденной, когда жгут указанной толщины начинает крошиться на отдельные куски длиной 3—10 мм.

**Зерновой состав грунта.** В полевых условиях для определения зернового состава крупнозернистых грунтов (песчаных и гравелистых) применяют ситовый метод с промывкой и без промывки водой.

Пробу грунта рассыпают слоем и просушивают до воздушно-сухого состояния. Затем из грунта отбирают среднюю пробу: для мелких и среднезернистых песков—100 г, для крупнозернистых—500 г, для гравелистых—1000—2000 г.

Взвешенный грунт помещают в колону сит и осторожно встряхивают до тех пор, пока не будет достигнута полная сортировка частиц грунта на ситах по фракциям.

В результате просеивания грунта через сита получают следующие фракции:

На сите с отверстиями в	10 мм . . . . .	>10
» » » » »	5 » . . . . .	10—5
» » » » »	3 » . . . . .	5—2
» » » » »	1 » . . . . .	2—1
» » » » »	0,5 » . . . . .	1—0,5
» » » » »	0,25 » . . . . .	0,5—0,25
» » » » »	0,15 » . . . . .	0,25—0,15
» » » » »	0,071 » . . . . .	0,15—0,071

<0,071— то, что осталось на поддоне и просеялось через сито с отверстиями в 0,071 мм.

Фракции, оставшиеся после просеивания на ситах, сыпают в предварительно взвешенные фарфоровые чашки или бюксы. Затем фарфоровые чашки с фракциями взвешивают на технических весах и вычисляют вес каждой фракции.

Сумма всех весов фракций должна быть равна весу общей навески грунта.

Зная общий вес навески, вычисляют процентное содержание каждой фракции по формуле

$$M = \frac{g}{Q} 100, \quad (7)$$

где  $M$  — процентное содержание фракций в грунте;

$g$  — вес фракции;

$Q$  — общий вес навески.

Содержание фракций диаметром менее 0,15 или 0,071 мм (в зависимости от отверстия самого малого сита) вычисляют по разности из 100% суммы ранее определенных фракций.

Все данные записывают в журнал.

### § 3. Требования, предъявляемые к грунтам при производстве земляных работ

В промышленном, гражданском и жилищном строительстве для земляных гидротехнических и мелиоративных сооружений, а также насыпей железных и автомобильных дорог необходимо руководствоваться общими правилами производства земляных работ, изложенными в СНиП III-Б.1-62. В зависимости от назначения сооружений и способа их возведения могут быть использованы различные виды грунтов, в том числе группы, содержащие:

а) воднорастворимые соли, если степень их засоления не превышает среднюю согласно табл. 7;

б) органические вещества (гумус) в количестве, не превышающем 8% (по весу в сухом состоянии) от веса минеральной части. Грунты с большим содержанием вредных примесей могут быть использованы при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Степень пригодности грунтов, в зависимости от способа их укладки в земляные сооружения, должна определяться проектом и обуславливаться конструкцией, классом капитальности, размером и технико-экономическими показателями вариантов возводимого земляного сооружения.

Если для возведения насыпей с нормируемой плотностью используются грунты, содержащие валуны, необходимо в каждом конкретном случае давать соответствующее обоснование в целесообразности применения этого крупнообломочного материала. Ориентировочно можно считать, что наибольшие размеры камня не должны превышать половины толщины слоя грунта (в уплотненном состоянии), укладываемого в насыпь, а количество каменистых включений не должно превышать 20% общего объема грунта в каждом слое. Более крупные камни, а также излишнее их количество подлежат удалению.

Грунтоуплотнительные работы, связанные со строительством автомобильных и железных дорог, гидротехнических и мелиоративных сооружений, должны выполняться с дополнительным соблюдением правил, изложенных в следующих главах СНиП: II-Д.5-62, II-И.3-62, II-И.4-62, III-Д.5-62, III-Д.1-62, III-И.3-62.

Прочность и устойчивость зданий и сооружений, возводимых на просадочных грунтах, должна обеспечиваться:

а) устранением просадочных свойств грунта или прорезкой всей его толщи фундаментами;

б) предохранением грунта в основании от замачивания путем отвода поверхностных вод и устранения возможности просачивания в грунт производственных вод;

в) применением конструкций зданий и сооружений, приспособленных к просадкам оснований.

Просадочные свойства грунтов устраняются путем поверхностного уплотнения тяжелыми трамбовками, устройством грунтовой подушки, глубинным уплотне-

нием грунтовыми сваями, предварительным замачиванием грунтов основания, упрочнением силикатизацией и термической обработкой.

Поверхностное уплотнение грунта тяжелыми трамбовками должно обеспечивать полное устранение просадочных свойств в пределах слоя не менее 1,5 м, а устройство грунтовых подушек — в пределах слоя, равного толщине подушки.

Объемный вес скелета грунта на нижней границе уплотненного слоя, а также в пределах всей толщи подушки должен быть не менее  $1,6 \text{ г/см}^3$ .

Глубинное уплотнение грунтовыми сваями применяется при толщах просадочных грунтов до 15 м, при условии уплотнения всей ее толщи.

Предварительное замачивание может применяться для устранения просадочных свойств грунта только в нижних слоях, начиная с глубины 5—9 м. Для полного устранения просадочных свойств грунтов в пределах всей толщи предварительное замачивание комбинируется с уплотнением верхнего слоя грунта тяжелыми трамбовками, грунтовыми сваями или устройством грунтовой подушки, а также прорезкой сваями или столбами закрепленного грунта.

#### § 4. Факторы, влияющие на уплотняемость грунта

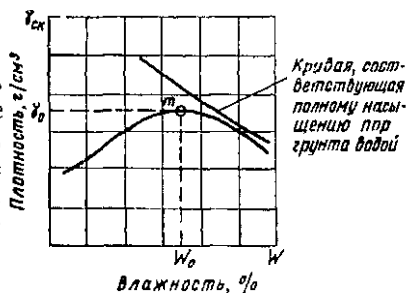
Частицы грунта, извлеченного из выемки и уложенного в насыпь, располагаются беспорядочно и образуют между собой много пор, таким образом пористость и сжимаемость грунта увеличивается, а сопротивление размыву значительно уменьшается.

Увеличивающаяся интенсивность промышленного, гражданского, гидротехнического и автомобильного строительства, а также применение на железнодорожном строительстве бетонных шпал и бесстыковых соединений послужили толчком для дальнейшего совершенствования способов механизированного уплотнения грунтов.

К числу основных факторов, влияющих на степень уплотнения грунта, относятся влажность, вид уплотняемого грунта, толщина отсыпаемого слоя грунта, способ уплотнения, тип грунтоуплотняющих механизированных средств и удельная нагрузка, передаваемая на грунт.

**Влажность грунта.** Влажность грунта (особенно связанного) существенно влияет на процесс его уплотнения.

Независимо от величины затрачиваемой работы на уплотнение грунта, степень его уплотняемости начинает повышаться с увеличением влажности. При достижении определенной влажности плотность грунта приобретает свое максимальное значение, но при дальнейшем ее увеличении наблюдается снижение плотности грунта.



Кривая зависимости степени уплотнения грунта от его влажности показана на рис. 2.

Рис. 2. Зависимость плотности грунта от влажности

При уплотнении несвязных грунтов влияние влажности сказывается в меньшей степени, чем при уплотнении связных грунтов. Не-

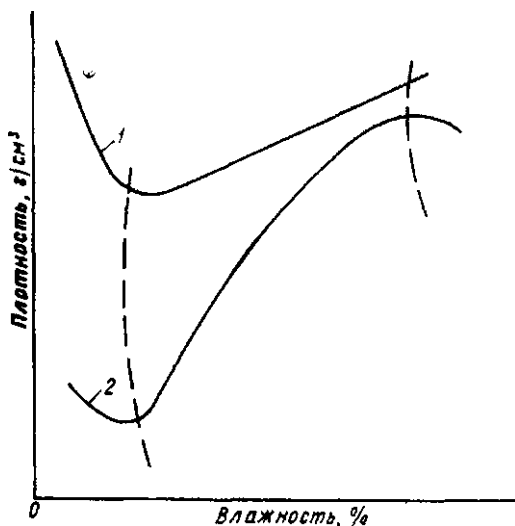


Рис. 3. Зависимость степени уплотнения несвязного грунта от его влажности

1 — грунт не содержит глинистой фракции; 2 — грунт содержит 3% глинистой фракции

связные грунты в отличие от связных могут уплотняться и в сухом виде, что объясняется отсутствием в них

сцепления, благодаря чему частицы песка обладают хорошей подвижностью.

Кривая зависимости степени уплотнения несвязного грунта от его влажности при некоторой затрате работы на уплотнение приведена на рис. 3.

При различном уплотняющем воздействии можно получить разную степень уплотнения одного и того же грунта, что видно на рис. 4

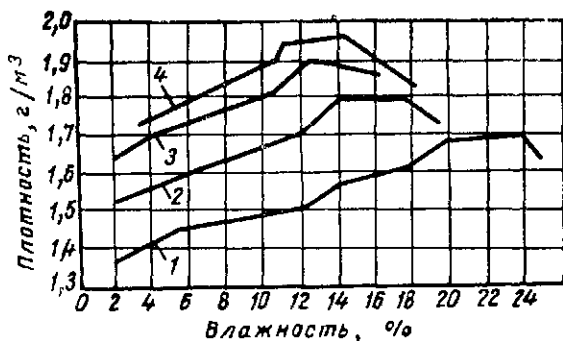


Рис 4 Влияние затрачиваемой работы на уплотняемость грунта

1 — работа, затрачиваемая на уплотнение в размере 3 кгс · м, 2 — то же, 15 кгс · м, 3 — то же, 112 кгс · м  
4 — то же, 132 кгс · м

Кривые, приведенные на рис. 4, показывают, что если увеличить уплотняющее воздействие на грунт, то можно достигнуть одной и той же плотности при меньшей влажности. Этот вывод имеет большое практическое значение, так как в тех случаях, когда представляется сложным осуществлять тщательный контроль за влажностью или трудно и непрактично добиваться сохранения заданной влажности во время всего периода уплотнения, надлежит предусматривать дополнительное количество проходов (ударов) грунтоуплотнительных механизированных средств.

Однако пренебрегать оптимальными значениями влажности грунта не следует, так как диапазон колебаний влажности, в пределах которого может быть получен наибольший эффект от уплотнения, сравнительно ограничен.

**Зерновой и химико-минералогический состав грунта.** При проведении испытаний грунтов различного зерново-

го состава установлено, что все кривые степени уплотнения имеют одинаковый характер, однако значения максимальной плотности у них различны.

На рис. 5 и 6 приведены результаты уплотнения грунтов различного зернового состава.

Сопоставление кривых показывает, что уплотняемость песка выше, чем суглинка и тем более глины.

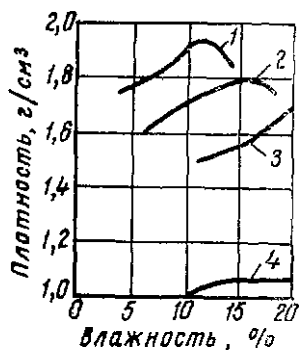


Рис. 5. Зависимость плотности грунта от его зернового состава

1 — песок; 2 — супесь;  
3 — суглинок; 4 — глина

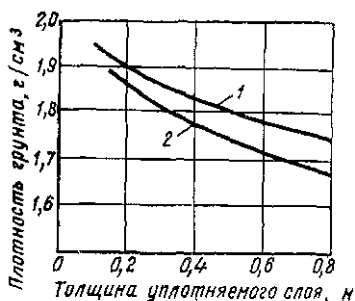


Рис. 6. Зависимость плотности грунта от его зернового состава при уплотнении вибротрамбующей машиной НИИОМТП

1 — песок, 2 — суглинок

Если в районе производства работ имеются разнообразные грунты, то при возведении насыпей с нормируемой плотностью следует отдавать предпочтение гравелистым, песчаным и супесчаным грунтам.

Суглинистые и тяжелые суглинистые грунты значительно труднее поддаются уплотнению, однако они не являются более благоприятными по сравнению с пылеватыми. Эти грунты обладают сравнительно высокой связностью и водонепроницаемостью.

Глины поддаются уплотнению весьма плохо и работа с ними весьма трудоемка. Они требуют наиболее тщательной отсыпки; во влажном состоянии — неустойчивы и склонны к сдвигу, сплывам; характеризуются высоким пределом текучести.

Грунты с большим содержанием органических примесей вследствие их способности при изменении влажности значительно изменять свой объем и плотность считаются в обычных условиях непригодными для применения в насыпях.



Лёссовые грунты в природном залегании обладают микропористой структурой и повышенной размокаемостью. При производстве земляных работ после разрушения структуры они достаточно хорошо уплотняются.

На степень уплотняемости грунта влияет также его химико-минералогический состав.

Результаты исследований, проведенных с глинистыми грунтами, позволили сделать вывод, что наибольшей прочностью обладает структура гидрослюдистой глины, меньшей — структура каолинитовой глины, еще меньшей — структура монтмориллонитовой глины.

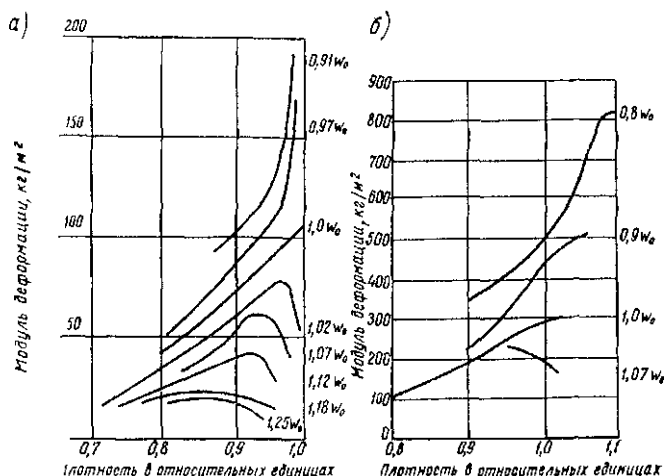


Рис. 7. Зависимость несущей способности тяжелосуглинистого грунта от его плотности

а — при уплотнении грунта ударной нагрузкой; б — при уплотнении грунта статической нагрузкой

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что вопрос о поведении грунтов с различным химико-минералогическим составом заслуживает серьезного внимания и в дальнейшем этот фактор необходимо учитывать в каждом конкретном случае при определении проектной плотности грунта в сооружениях и выборе грунтоуплотняющих механизированных средств.

**Несущая способность грунта.** Прочностные характеристики грунта в значительной степени зависят от его плотности; с повышением плотности грунта до опреде-

ленных пределов его несущая способность увеличивается.

Исследованиями установлено, что такая закономерность имеет место не только при уплотнении грунта динамической нагрузкой, но также и при воздействии на него статической нагрузкой, что иллюстрируется кривыми, приведенными на рис. 7.

В качестве показателя, характеризующего сопротивление грунта под действием нагрузки, здесь принят модуль деформации грунта ( $E$  кгс/см<sup>2</sup>), который определяется по формуле

$$E = \frac{PD}{h}, \quad (8)$$

где  $P$  — удельная нагрузка на штамп в кгс/см<sup>2</sup>,

$D$  — диаметр штампа в см;

$h$  — осадка штампа в см.

Фактор уменьшения несущей способности грунта, очевидно наступающий в результате чрезмерного сближения частиц, дает возможность более правильно устанавливать допустимые пределы уплотнения и не идти на необоснованное увеличение параметров грунтоуплотняющих механизированных средств.

Следовательно, удельное давление серийно выпускаемых грунтоуплотняющих машин, как правило, не должно превышать предела прочности грунта и в то же время не быть и слишком малым, так как в противном случае резко понижается значение получаемой плотности и толщины уплотняемых слоев грунта.

**Толщина уплотняемых слоев грунта.** На рис. 8 приведены графики, характеризующие затрачиваемую на уплотнение грунта работу в зависимости от достигаемой плотности грунта при различной толщине уплотняемого слоя

Сопоставление кривых показывает, что при каждом последующем увеличении плотности грунта нарастание затрачиваемой работы увеличивается все в более интен-

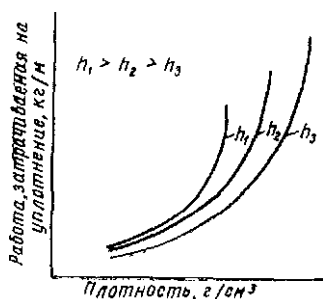


Рис. 8. Зависимость работы, затрачиваемой на уплотнение, от плотности грунта при различной толщине уплотняемого слоя

сивной форме и уменьшается с уменьшением толщины уплотняемого слоя.

Под толщиной уплотняемого слоя грунта подразумевается такой слой, в пределах которого достигается заданная проектом сооружения плотность, а получаемая при этом деформация распределяется относительно равномерно. При напряжении, равном пределу прочности

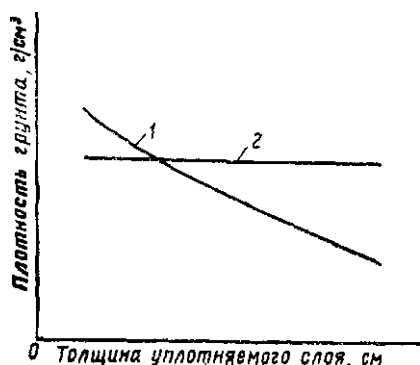


Рис. 9. Зависимость плотности грунта от местоположения уплотняемой нагрузки

1 — нагрузка приложена на поверхности уплотняемого слоя; 2 — нагрузка погружается в толщу уплотняемого слоя грунта

грунта, значение толщины уплотняемого слоя будет наибольшим. Если превысить предел прочности, то уплотняемый слой не увеличиваясь переместится вниз.

Толщина  $H$  уплотняемого слоя грунта при условии, если напряжение на поверхности грунта  $\sigma$  будет близким пределу прочности  $\sigma_p$ , определяется по следующей формуле:

$$H = B_{\min} K_1 K_2 \left( 1 - e^{-\beta \frac{\sigma}{\sigma_p}} \right) x, \quad (9)$$

где  $B_{\min}$  — минимальный поперечный размер поверхности контакта рабочего органа машины с грунтом;

$K_1$  — коэффициент, учитывающий отклонение влажности уплотняемого грунта  $W$  от

- оптимальной влажности  $W_0^*$ ; при  $W = W_0$  коэффициент  $K_1 = 1$ ;
- $K_2$  — коэффициент, учитывающий заданную проектом плотность. Если плотность не превышает 0,95 максимальной плотности по стандартному уплотнению, значение  $K_2$  принимается равным 1;
- $e$  — основание натуральных логарифмов;
- $\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты, зависящие от вида грунта и скорости изменения напряженного состояния. Коэффициент  $\alpha$  принимается при укатке 2 и трамбовке 1,1, для связных грунтов  $\beta = 3,65$ .

Проведенные НИИОМТП экспериментальные исследования по гидровиброуплотнителю НИИОМТП позволяют сделать вывод, что степень уплотнения песчаного слоя грунта по всей его толщине (2 м) имеет близкие значения. Данные НИИОСП по уплотнению песчаного грунта гидровибратором С-629 показали, что степень равномерности слоя грунта может распространяться на большую глубину, чем 2 м.

Следовательно, закономерность, которая имеется при поверхностном уплотнении грунта, не применима при уплотнении глубинными виброуплотнителями (рис. 9).

## § 5. Нормы уплотнения грунтов

На степень уплотнения грунта влияют нормы и технические требования, которые предъявляются к земляному сооружению в процессе его проектирования.

При возведении земляного полотна внутриквартальных, внутризаводских, подъездных и магистральных автомобильных дорог, а также насыпей, предназначенных под площади и подъезды к промышленным, жилым и гражданским зданиям, нормы уплотнения назначаются в зависимости от дорожно-климатической зоны, положения слоя грунта по высоте насыпи и от типа покрытия. Требуемая плотность грунта  $\gamma_1$  устанавливается в зависимости от максимальной плотности, определяемой стандартным уплотнением по формуле

$$\gamma_1 = K\gamma_{\max}, \quad (10)$$

где  $K$  — минимальный коэффициент уплотнения, приведенный в табл. 12;

$\gamma_{\max}$  — максимальная плотность, определяемая в лаборатории методом стандартного уплотнения — прибором «Союздорнии».

Прибор «Союздорнии» состоит из подстанника, разъемного цилиндра, верхнего стакана, стойки с уплотнителем, груза весом 2,5 кг, ограничительного кольца с винтом и зажимного кольца с зажимными вантами.

Отобранный и соответственно подготовленный для испытаний образец грунта подвергается послойному уплотнению ударами груза, падающего с высоты 30 см непосредственно в приборе. Эта операция повторяется при разной влажности грунта. В результате строится кривая зависимости объемного веса скелета от влажности, по которой и определяется максимальная плотность и соответствующая ей оптимальная влажность.

Таблица 12

Коэффициенты плотности грунта для насыпей с дорожными покрытиями (в долях от максимальной плотности)

Часть насыпи	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия в м	Усовершенствованные покрытия капитального типа	Усовершенствованные покрытия облегченные и переходного типа			
		Дорожно-климатические зоны				
		II и III	IV и V	II и III	IV и V	
Верхняя	До 1,5	1—0,98	0,98—0,95	0,98—0,95	0,95	
Нижняя неподтапливаемая	$\frac{1,5-6}{\text{более 6}}$	$\frac{0,95}{0,98}$	0,95	0,95	0,95—0,9	
Нижняя подтапливаемая	$\frac{1,5-6}{\text{более 6}}$	$\frac{0,98-0,95}{0,98}$	$\frac{0,95}{0,98}$	0,95	0,95	

Примечание. Большие значения коэффициентов уплотнения грунта относятся к цементно-бетонным и усовершенствованным облегченным покрытиям

При текущем контроле за уплотнением грунта его максимальную плотность ориентировочно можно определить по формуле

$$\gamma_{\max} = \frac{\gamma_y (1 - 0,01V)}{1 + \gamma_y W_0 0,01} \text{ г/см}^3, \quad (11)$$

где  $\gamma_y$  — удельный вес минеральных частиц грунта в г/см<sup>3</sup>;

$W_0$  — оптимальная влажность в %;

$V$  — объем воздуха в грунте при оптимальной влажности, принимаемый в %:

для супеси . . . . .	8—10
» суглинка . . . . .	4—5
» тяжелого суглинка . . . . .	3—4
» глины . . . . .	4—6

Оптимальная влажность может быть определена по границе текучести  $W_T$  или по границе раскатывания  $W_p$  по формулам:

$$W_0 = a W_T \% \quad (12)$$

$$\text{и } W_0 = W_p - a \%, \quad (13)$$

где  $a$  — переходный коэффициент, ориентировочно принимаемый для супеси 0,7; суглинка 0,55 и глины 0,5;

$a$  — поправка, принимаемая для суглинка в размере 1 и для глины 2.

**Пример.** Определить оптимальную влажность и максимальную плотность глины, если ее объемный вес при влажности на границе текучести составляет 1,9 г/см<sup>3</sup>, объемный вес скелета грунта равен 1,4 г/см<sup>3</sup>; удельный вес — 2,74 г/см<sup>3</sup>, объем содержащегося в грунте воздуха — 64%.

Влажность глины по границе текучести

$$W_T = \frac{1,9 - 1,4}{1,4} 100 \approx 36\%.$$

Оптимальная влажность

$$W_0 = a W_T = 0,5 \cdot 36 = 18\%.$$

Максимальная плотность глины составит

$$\gamma_{\max} = \frac{\gamma_y (1 - 0,01 V)}{1 + \gamma_y \cdot 0,01 W_0} = \frac{2,74 (1 - 0,04)}{1 + 2,74 \cdot 0,18} = 1,75 \text{ г/см}^3.$$

Таблица 13

## Значения поправочных коэффициентов

Содержание частиц крупнее 5 мм в %	Поправочные коэффициенты	
	к максимальной стандартной плотности	к оптимальной влажности
5	1,02	0,95
10	1,04	0,90
15	1,06	0,85
20	1,08	0,80
25	1,10	0,75
30	1,13	0,70
40	1,15	0,65

Определение плотности грунтов, содержащих до 40% частиц крупнее 5 мм, осуществляется путем стандартного уплотнения отсеянного (с частицами менее 5 мм) грунта. Для учета влияния на грунт включений частиц крупнее 5 мм должны быть введены поправочные коэффициенты, ориентировочные значения которых для каменных пород с удельным весом более 2,6—2,7 г/см<sup>3</sup> приведены в табл. 13.

Максимальная стандартная плотность  $\gamma_{\max}^1$  и оптимальная влажность грунтов  $W_0^1$ , содержащих до 40% частиц крупнее 5 мм, определяются по следующим формулам:

$$\gamma_{\max}^1 = \gamma_{\max} \frac{\gamma}{\gamma - \frac{P}{100} (\gamma - \gamma_{\max})} \text{ г/см}^3, \quad (14)$$

$$W_0^1 = \frac{W_0 (100 - P)}{100} \%, \quad (15)$$

где  $\gamma_{\max}$  — максимальная стандартная плотность для отсеянного грунта с частицами размером менее 5 мм в г/см<sup>3</sup>;

$\gamma$  — плотность каменных частиц размером более 5 мм, определяемая методом парафинирования, в г/см<sup>3</sup>;

$W_0$  — оптимальная влажность для отсеянного грунта менее 5 мм в %;

$P$  — содержание крупных частиц в %.

Требуемая плотность грунтов, содержащих более 40% частиц крупнее 5 мм, устанавливается на основе плотности устойчивых насыпей, возведенных из аналогичных грунтов и находящихся в эксплуатации не менее трех лет.

На железнодорожном строительстве и подъездных железнодорожных путях, на промышленных площадках степей уплотнения насыпи устанавливаются по нормам, приведенным в табл. 14.

При составлении этой таблицы принято, что нагрузка на основную площадку земляного полотна (верха насыпи) с учетом динамики и перспективы увеличения веса подвижного состава не превышает  $2 \text{ кгс/см}^2$ .

Таблица 14

Нормы плотности грунта для земляного полотна железных дорог

Грунт	Плотность грунта в $\text{г/см}^3$	Наибольшая влажность грунта в %
Мелкие и пылеватые пески . . . . .	1,5—1,6	Без ограничения
Супеси . . . . .	1,7—1,75	18—16
Суглинки легкие, легкие пылеватые и лёссовидные . . . . .	1,6—1,65	22—20
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые . . . . .	1,55—1,6	24—22
Чернозем супесчаный . . . . .	1,55—1,6	23—21
„ суглинистый . . . . .	1,45—1,5	27—25
Глины тощие и пылеватые . . . . .	1,45—1,55	29—25

Требования по уплотнению железнодорожных насыпей имелись и в ранее изданных Технических условиях. Однако нормы плотности насыпей были установлены только в Технических условиях сооружения железнодорожного земляного полотна СН 61—59, утвержденных Госстроем СССР в 1959 г. Нормирование плотности насыпей согласно этим Техническим условиям введено в действие с 1 января 1961 г.

В практике строительства плотин небольшой высоты (до 20 м) некоторые организации до настоящего времени исходят из плотности грунта в карьере, назначая в проектируемом сооружении плотность грунта на несколько процентов выше карьерной.

Плотность грунта в плотинах принимается также по компрессионной кривой в соответствии с нагрузкой от вышерасположенной части сооружения или с учетом обеспечения расчетных характеристик, принятых при проектировании сооружения. Наконец, для этих целей также используют формулу проф. А. Ф. Лебедева, уточняемую коэффициентом, учитывающим защемленный воздух в порах грунта.

С введением в действие с 1 июля 1963 г. СНиП II-И.4-62 плотность грунта рекомендуется определять следующим образом.

1. Для глинистых грунтов противифльтрационных



устройств при расположении плотины на малосжимаемом основании по формуле

$$\gamma = \frac{\gamma_y \gamma_v (1 - V_v)}{\gamma_v + \gamma_y W_0} \text{ г/см}^3, \quad (16)$$

где  $\gamma$  — плотность грунта, до которой следует производить уплотнение, в  $\text{г/см}^3$ ;

$\gamma_y$  — удельный вес грунта в  $\text{г/см}^3$ ;

$\gamma_v$  — удельный вес воды в  $\text{г/см}^3$ ;

$V_v$  — объем зашемленного воздуха в долях единицы, принимаемый равным 0,04—0,06;

$W_0$  — оптимальная влажность грунта в долях единицы, принимаемая на 2—3% ниже границы раскатывания, но не менее максимальной молекулярной влагоемкости.

При сильно сжимаемом основании плотность следует назначать на 5—8% ниже плотности, определяемой по данной формуле.

2. Для песчаных и галечниковых грунтов в теле плотины плотность должна соответствовать плотности этих грунтов в естественном залегании.

3. Плотность глинистых грунтов в однородных плотинах любой высоты, плотинах высокой и средней высоты с верховой водонепроницаемой призмой, а также в плотинах с толстым ядром рекомендуется менять по высоте плотины, учитывая компрессионные свойства грунта и целесообразность уменьшения осадков укладываемого грунта.

#### Нормы плотности грунтов при возведении

Грунт	Удельный вес в $\text{г/см}^3$	Вероятность ошибки в удельном весе	Железнодорожные насыпи		Усовершенствованные покрытия капитального типа
			норма плотности в $\text{г/см}^3$	% от удельного веса	коэффициент от максимальной стандартной плотности
Песок . . . . .	2,66	$\pm 0,36$	1,55	0,58	} 1,0—0,95
Супесь . . . . .	2,7	$\pm 0,63$	1,72	0,64	
Суглинок . . . . .	2,71	$\pm 0,74$	1,58	0,58	
Глина . . . . .	2,74	$\pm 0,99$	1,50	0,55	

При уплотнении дна и откосов оросительных каналов для создания экрана из уплотненных грунтов с высокой водопроницаемостью происходит нарушение их структуры и переупаковка частиц скелета, сопровождаемая уменьшением пористости.

Уплотнение грунтов до расчетной плотности должно осуществляться в условиях оптимальной влажности, когда обеспечивается полное насыщение оставшихся пор грунта заземленной, физически связанной водой.

Степень уплотнения грунтов на расчетную глубину определяется удалением воздуха и воды, физически не связанной со скелетом грунта, а также максимально возможной концентрацией частиц скелета при оптимальной влажности.

Минимальная толщина экрана из уплотненных грунтов в каналах принимается не менее 50 см, исключая каналы типа временных оросителей.

В каналах типа внутрихозяйственных распределителей, проходящих в насыпи и полувыемке-полунасыпи, толщина экрана в верхней половине насыпной части принимается равной 30 см.

Толщина экрана в оросительных каналах для внутрихозяйственных и межхозяйственных распределителей принимается равной 50—100 см; для магистральных каналов и их веток — 100—150 см.

Толщина экрана во временных оросителях при создании временно действующего экрана по периметру канала, осуществляемого после его нарезки, может быть

Таблица 15

сооружений различного назначения

Усовершенствованные покрытия капитального типа	Усовершенствованные покрытия облегченного и переходного типа		Обратная засыпка на просадочных грунтах, служащая основанием фундаментов под оборудование, несущие стены и служащая подготовкой под поли	
	% от удельного веса	коэффициент от максимальной стандартной плотности	% от удельного веса	норма плотности в г/см <sup>3</sup>
0,66—0,69 0,60—0,63 0,56—0,59	{ 0,98—0,95	0,66—0,67	} 1,6	0,59
		0,60—0,62		
		0,56—0,58		

до 15—25 см; при создании постоянно действующего экрана, подстилающего канал по всей трассе — 100—150 см.

При возведении промышленных, гражданских и жилых зданий на просадочных грунтах их плотность на нижней границе уплотненного тяжелыми трамбовками слоя, а также в пределах всей толщи подушки, должна быть не менее  $1,6 \text{ г/см}^3$ , но не менее величины, при которой просадка грунта исключается.

При этом котлованы разрабатываются с недобором грунта на величину понижения уплотняемой поверхности при трамбовании.

Плотность грунта при строительстве зданий и сооружений на просадочных грунтах в обратных засыпках, служащих основанием фундаментов под оборудование, внутренние несущие стены, а также в верхней части засыпки (на высоту 1,2 м), служащей основанием под полы, должна быть не менее  $1,6 \text{ г/см}^3$ .

Обратные засыпки траншей и фундаментов на просадочных грунтах, на которые, кроме их собственного веса, не передается дополнительных нагрузок, допускается возводить с плотностью грунта не менее  $1,55 \text{ г/см}^3$ .

Все эти приведенные нормы и методы определения требуемой плотности грунта для различных зданий и сооружений имеют известное обоснование, но вместе с тем каждый из них в какой-то степени не учитывает совокупности ряда факторов.

Так, например, в ряде случаев не учитывается экономический фактор, заключающийся в том, что при искусственном уплотнении грунта есть возможность обжать профиль сооружения, а это дает уменьшение объема и существенную экономию в затратах средств.

Если принять стоимость строительства дамбы при плотности грунта  $1,7 \text{ г/см}^3$  за единицу, то при плотности  $1,5 \text{ г/см}^3$  стоимость сооружения увеличивается в 1,5 раза, а при плотности  $1,37 \text{ г/см}^3$  — примерно в 2 раза.

Одна и та же грунтоуплотняющая машина в одних и тех же грунтах, но на разных строительных объектах, где предусматривается неодинаковая плотность грунта, будет иметь неодинаковую производительность. Однако на этом факторе в должной степени внимание не акцентируется, что приводит часто к ошибочным выводам и

оценкам эффективности работы грунтоуплотняющих машин.

Норму задаваемой плотности грунта необходимо указывать в проекте сооружения и учитывать при выборе способов и средств механизированного уплотнения грунтов, а также в расчетах, предназначенных для определения технико-экономических показателей и технологических характеристик работы как отдельных, так и всего комплекса машин.

Для того чтобы можно было сопоставить производительность машин, работающих на уплотнении грунтов, и судить об их эффективности при возведении сооружений различного назначения, надо указывать принятые нормы и процент, который они составляют от удельного веса того же грунта, пользуясь табл. 15.

---

## Глава вторая

# ГРУНТОУПЛОТНЯЮЩИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА

### § 1. Классификация способов уплотнения грунтов

Классификация способов механизированного уплотнения грунтов (рис 10) включает комбинированный способ уплотнения грунтов НИИОМТП, а также такие известные способы, как укатка, трамбование и вибрирование, существенно расширенные за счет возможности применения новых грунтоуплотняющих средств.

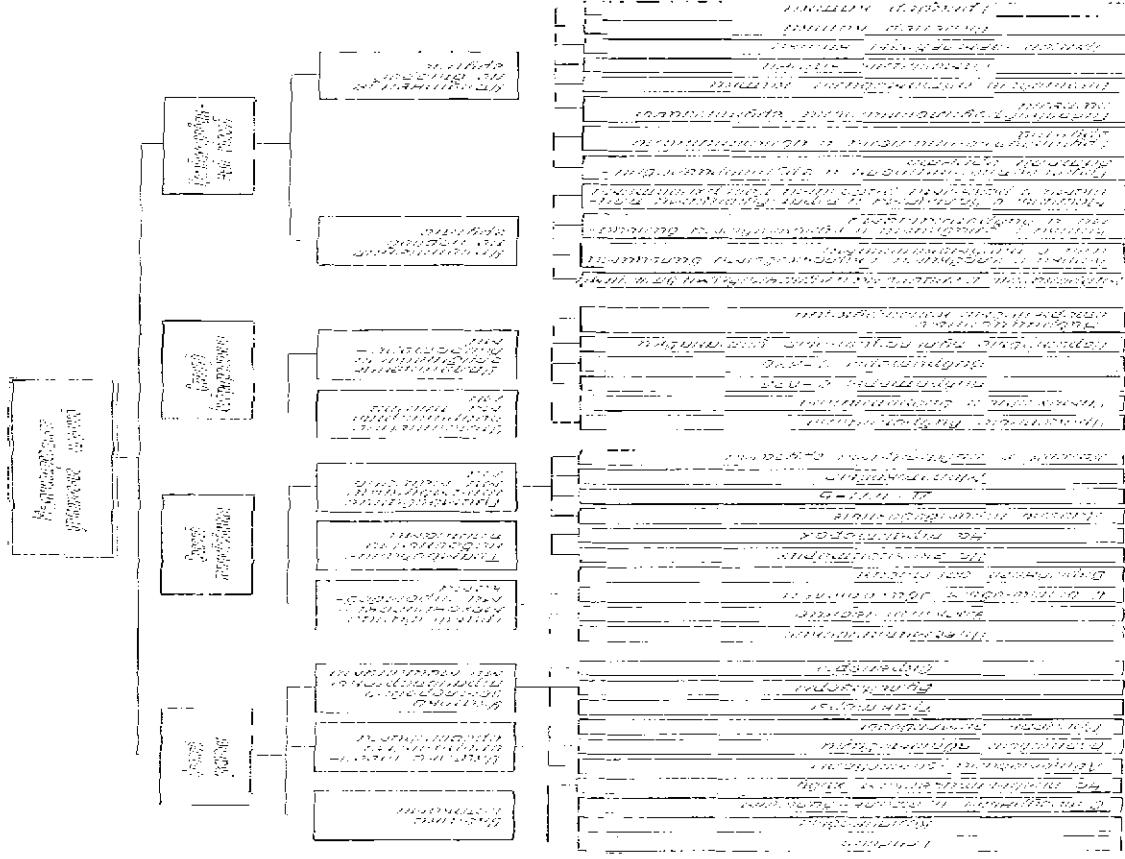
Способ уплотнения грунтов укаткой осуществляется самоходными, полуприцепными и прицепными катками, транспортными средствами и землеройно-транспортными машинами. Помимо применения катков с обычными гладкими и кулачковыми вальцами, а также на пневмоколесном ходу, возможно применение катков с фигурными профильными вальцами.

Укатка грунта транспортными средствами и землеройно-транспортными машинами производится автомобилями, прицепами-землевозами, бульдозерами и скреперами.

Способ уплотнения грунта трамбованием осуществляется помимо трамбующих плит, подвешиваемых к стреле экскаватора, и пневматических трамбозок также механическими трамбовками различных типов, навесными плитами и специальными машинами.

Механические трамбовки подразделяются на пневматические, электрические, взрывного действия и с бензиновым двигателем.

Уплотнение грунта трамбующими машинами осуществляется дизель-трамбовочной машиной, машиной с попеременным падением плит и молотковой.



# The Role of the Teacher

Способ вибрирования поверхностным и глубинным воздействием уплотнителя на грунт производится подвесными, прицепными и самоходными виброплитами

Для этих целей могут также использоваться вибропогружатели. Уплотнение глубинным воздействием уплотнителя на грунт осуществляется вибраторами С-629, С-825, С-826 и специальными установками типа пульсационной или ВУПП-4

Комбинированный способ уплотнения грунтов и связанная с его применением технология основаны на совмещении уплотнения грунтов с основными и вспомогательными операциями строительного процесса производства земляных работ, а также на широком сочетании разных методов воздействия на грунт уплотняющих рабочих органов машин

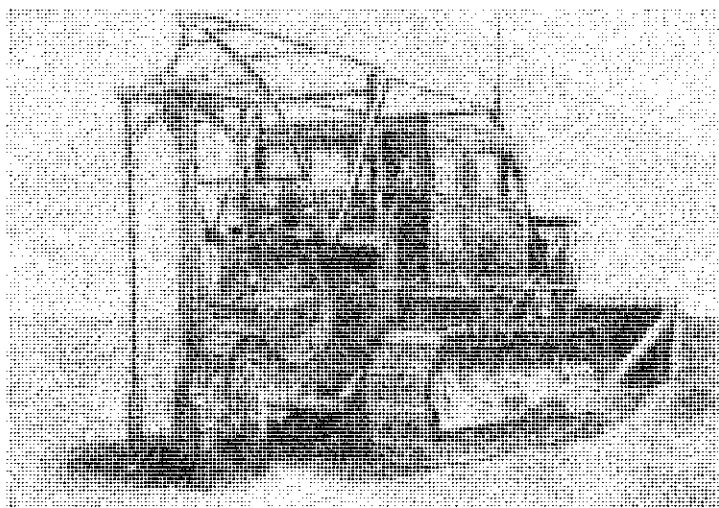


Рис 11 Гидровиброуплотнитель

Комбинированный способ уплотнения грунтов осуществляется по двум направлениям

По первому — уплотнение грунтов выполняется по общепринятым технологическим схемам производства земляных работ, в которых предусматривается применение механизированных средств, сочетающих одновременное воздействие на грунт различных уплотняющих рабочих органов машин.

По второму — уплотнение грунта должно производиться по схемам, предусматривающим сочетание отдельных операций комплексного строительного процесса земляных работ с уплотнением.

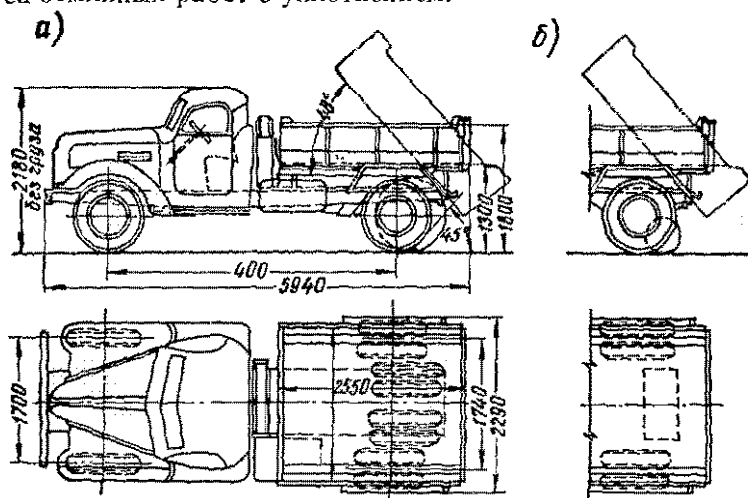


Рис. 12. Автосамосвал-каток

а — с дополнительными пневмоколесами; б — с цилиндрическим вальцом

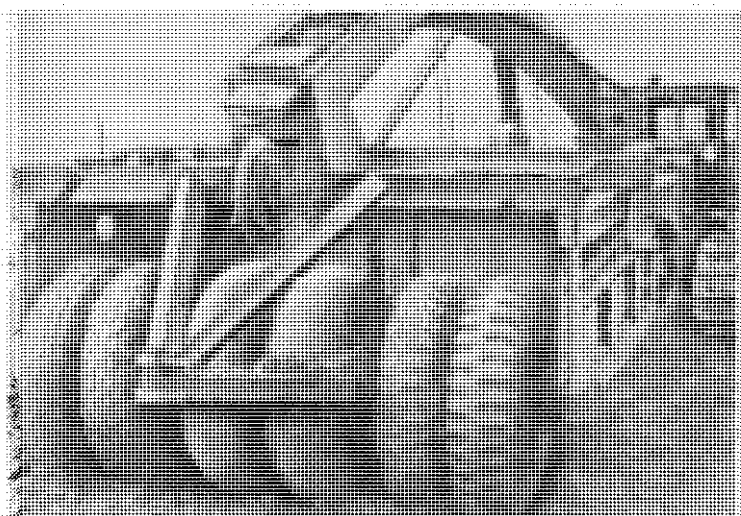


Рис. 13. Скрепер-каток НИИОМТП



Комбинированный способ уплотнения грунтов может быть осуществлен следующими механизированными средствами:

по первому направлению — виброкатками; катками-агрегатами, оборудованными гладкими и кулачковыми вальцами и пневмоколесами; катками-агрегатами, оборудованными гладкими и кулачковыми вальцами и виброплитами; машинами, оборудованными вальцами и трамбующими плитами с разными грунтоуплотняющими рабочими поверхностями;

по второму направлению — грунтоуплотнителями-грунторазравнивателями, грунтоувлажнителями-катками, гидровиброуплотнителями-грунтозасыпателями (рис. 11), автосамосвалами-катками (рис. 12), землевозами-катками, скреперами-катками (рис. 13), грейдерами-катками и т. п.

## § 2. Катки

Катки являются наиболее распространенным типом машин для уплотнения грунтов.

Катки с гладкими металлическими вальцами из-за малой толщины слоя уплотняемого грунта выходят из употребления при производстве земляных работ.

Кулачковые катки первоначально стали применяться на строительстве канала «Москва—Волга» и на Чирчикстрое.

В последнее время широкое распространение находят катки на пневмоколесном ходу, которые впервые были применены на строительстве Волго-Донского судоходного канала им. В. И. Ленина. Они наиболее просты и производительны.

При уплотнении грунта катками необходимо знать максимальное напряжение, возникающее на поверхности при соприкосновении вальца с грунтом. Если напряжение выше предела прочности, происходит волнообразование грунта перед вальцами.

Максимальные напряжения  $\sigma_{\max}$  под гладкими металлическими вальцами и пневмоколесами катка определяются по следующим формулам:

для катка с гладкими металлическими вальцами

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\frac{gF_0}{R}}; \quad (17)$$

для катка на пневмоколесном ходу

$$\sigma_{\max} = \frac{P_w}{1 - e}, \quad (18)$$

где  $\sigma_{\max}$  — напряжение в  $\text{кгс/см}^2$ ;

$g$  — удельное линейное давление в  $\text{кгс/пог. см}$ ;

$E_0$  — модуль деформации грунта в  $\text{кгс/см}^2$ ;

$R$  — радиус вальца в  $\text{см}$ ;

$P_w$  — давление воздуха в шинах, устанавливаемое по технической характеристике катка, в  $\text{кгс/см}^2$ ;

$e$  — статический коэффициент жесткости, принимаемый по табл. 16.

Найденные по этим формулам значения  $\sigma_{\max}$  не должны превышать предела прочности грунта, указанного в табл. 17 (данные таблицы относятся к грунтам с оптимальной влажностью).

Формулой (18) надлежит пользоваться только для ориентировочных расчетов, так как она не учитывает жесткость поверхности, по которой перекачивается шина. Для более точного определения напряжения на контакте шины с грунтом необходимо использовать соответствующие решения теории упругости.

Таблица 16

Значения статического коэффициента жесткости шины

Давление в шине в $\text{кгс/см}^2$	Статический коэффициент жесткости шины
1	0,6
2	0,5
3	0,4
4	0,3
5	0,2
6	0,15

Таблица 17

Пределы прочности грунтов при укатке в  $\text{кгс/см}^2$

Грунт	Катки с гладкими вальцами	Катки на пневмоколесном ходу
Песчаный, супесчаный пылеватый . . . . .	3—6	3—4
Суглинки . . . . .	6—10	4—6
Тяжелосуглинистый . . . . .	10—15	6—8
Глины . . . . .	15—18	8—10

Толщина уплотняемого слоя грунта  $H$  катками определяется по следующим формулам:

а) Для катков с гладкими металлическими вальцами

$$H = 4K_1 K_2 \sqrt{\frac{gR}{E_0}}, \quad (19)$$

где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий влажность грунта; при оптимальной влажности  $K_1 = 1$ ;

$K_2$  — коэффициент, учитывающий заданную проектом плотность грунта; при плотности грунта, равной значению 0,95 максимальной плотности, полученной методом стандартного уплотнения  $K_2=1$ .

При уплотнении грунтов оптимальной влажности ( $K_1=1$ ) до плотности 0,95  $\gamma_{max}$  ( $K_2=1$ ), принимая для связных и несвязных грунтов соответственно  $E_0=200 \text{ кгс/см}^2$  и  $E_0=100\text{—}150 \text{ кгс/см}^2$ , толщину уплотняемого слоя можно получить по следующим формулам:

при уплотнении связных грунтов

$$H = 0,3 \sqrt{gR}, \quad (20)$$

при уплотнении несвязных грунтов

$$H = 0,35 \sqrt{gR}. \quad (21)$$

б) Для катков на пневмоколесном ходу

$$H = 0,2 K_1 K_2 \sqrt{\frac{Q P_w}{1-e}}, \quad (22)$$

где  $Q$  — нагрузка на колесо в кг, определяемая как отношение веса катка на число колес;

$P_w$  и  $e$  — значения, приведенные в формуле 18.

В тех случаях, когда давление воздуха в шине составляет 5—6  $\text{кгс/см}^2$ , толщину уплотняемого слоя можно определить по следующей формуле:

$$H = 0,53 K_1 K_2 \sqrt{Q}. \quad (23)$$

Пневмоколеса в катках по конструктивным соображениям монтируются с некоторыми зазорами. Грунт под колесами сжимается (давление передается через площадки контактов, имеющих форму эллипса), образуя «клин сдавливания» в нижележащие слои. Подстилающие слои препятствуют движению этого «клина», в результате чего грунт выжимается из-под колеса и, оказывая давление на грунт, находящийся в междуколесном пространстве, уплотняет его. Степень уплотнения грунта в междуколесном пространстве зависит от величины зазоров между шинами. Установлено, что увеличение этих зазоров до 0,5 ширины профиля шины не повлечет значительного снижения качества уплотнения и плотность грунта в междуколесном пространстве и

под колесами практически будет одинаковая. Если зазоры между шинами больше указанных, будет наблюдаться выжимание грунта в междуколесное пространство, увеличится глубина колеи и резко снизится эффективность уплотнения грунта.

Необходимый вес катка  $G$  в кг на пневмоколесном ходу определяется по следующей формуле:

$$G = N \lambda m, \quad (24)$$

где  $N$  — модуль жесткости шин в  $\text{кгс/см}^2$ , принимаемый по табл. 18;

$\lambda$  — величина деформации шины, принимаемая 0,13—0,15 ширины профиля шины;

$m$  — число колес катка.

Таблица 18

Модули жесткости пневматических шин в  $\text{кгс/см}^2$

Размер шин	Давление воздуха в шинах в $\text{кгс/см}^2$				
	2	3	4	5	6
34×7 . . . . .	370	450	496	540	—
12,00—20 . . . . .	360	510	625	705	780
14,00—20 . . . . .	430	545	640	715	785
18,00—28 . . . . .	645	825	980	—	—

Кулачковые катки в отличие от катков с гладкими металлическими вальцами и катков на пневмоколесном ходу производят давление на грунт, значительно превосходящее предел прочности. Удельные давления кулачковых катков на грунт находятся в пределах, приведенных в табл. 19. Грунт, расположенный под кулачком, интенсивно деформируется.

В результате кулачки погружаются в грунт и образуют ядра вдавливания, вследствие чего и происходит уплотнение. Плотность этих ядер зависит от величины удельного давления и от состояния грунта. Чем большее сопротивление оказывает грунт погружению в него кулачка, тем при одной и той же степени погружения плотность ядра будет выше. В связи с этим кулачковые катки эффективны при уплотне-

Таблица 19

Типы катков	Удельное давление в $\text{кгс/см}^2$
Легкий	4—20
Средний	20—40
Тяжелый	40—100

нии связных грунтов и особенно содержащих отдельные комья и неэффективны при уплотнении несвязных грунтов.

При работе кулачковых катков поверхность уплотняемого слоя грунта разрыхляется на глубину примерно 4—6 см.

Излишне высокое удельное давление на грунт понижает эффективность работы катков, так как возрастает толщина разрыхленного слоя грунта и увеличивается степень налипания грунта на кулачки.

В качестве расчетных удельных давлений, передаваемых на грунт через один ряд кулачков, расположенных по образующей барабана, можно рекомендовать значения, приведенные в табл. 20.

Таблица 20

Расчетные удельные давления кулачковых катков

Грунт	Удельное давление в кгс/см <sup>2</sup>
Легкие и средние суглинки, в том числе пылеватые .	7—15
Средние и частично тяжелые суглинки, в том числе пылеватые . . . . .	15—40
Тяжелые суглинки и глины . . . . .	40—60

За однократное действие кулачка уплотнение распространяется на глубину в 2,5 раза больше наименьшего поперечного размера кулачка. При дальнейших проходах катка происходит наращивание плотного слоя, которое может в отдельных случаях превысить в 4 раза минимальный размер опорной поверхности кулачка. Следовательно, минимальный размер опорной поверхности кулачка  $b$  может быть определен по следующей формуле:

$$b \geq 0,25 H_n, \quad (25)$$

где  $H_n$ —толщина уплотняемого слоя грунта в плотном теле.

Длина кулачка  $L$  определяется из условия, чтобы после полного погружения в грунт расстояние между опорной поверхностью кулачка и поверхностью ранее уплотненного грунта не превышало  $2,5 b$ . Если через  $H_p$  обозначить слой рыхлого грунта, а через  $h_p$ —глубину, на которой нижний, уже ранее уплотненный слой остался разрыхленным, можно получить следующее соотношение:

$$L = (H_p + h_p) - 2,5b. \quad (26)$$

Для катков среднего веса можно принять

$$h_p = S \text{ см.}$$

Длина кулачка и диаметр вальца находятся в определенной зависимости, которая должна быть в пределах 5,5—7.

Переходя от рыхлого слоя к плотному, толщина уплотнения слоя грунта определяется по следующей формуле:

$$H = 0,65 (L + 0,25b - h_p). \quad (27)$$

Требуемый вес кулачкового катка  $Q$  определяется из расчета, что он передается на грунт только через ряд кулачков и может быть найден по следующей формуле:

$$Q = PFn, \quad (28)$$

где  $P$  — расчетное удельное давление катка, принимаемое по табл. 20;

$F$  — опорная поверхность одного кулачка в  $\text{см}^2$ ;

$n$  — число кулачков в ряду, расположенном по образующей вальца.

Для уплотнения грунтов отечественной промышленностью серийно изготавливаются:

- а) прицепные кулачковые катки;
- б) прицепные, полуприцепные и самоходные катки на пневмоколесном ходу;
- в) самоходные катки с гладкими металлическими вальцами.

Отечественной промышленностью изготавливаются два типа кулачковых катков, техническая характеристика которых приводится в табл. 21.

В Советском Союзе в 1961 г. впервые изготовлен по чертежам Ленинградского филиала Союздорнии опытный образец решетчатого катка (рис. 14).

Этот каток состоит из следующих узлов: рамы со сцепным устройством, двух валцов со скребками для очистки от налипшего грунта и балласта в виде четырех бетонных кубов для увеличения веса катка.

Рама катка — сварной конструкции, выполненная из швеллера № 30. К передней поперечной связи рамы прибалчивается сваренное из швеллера № 16 дышло, имеющее серьгу для соединения со сцепным устройством трактора. Для увеличения маневренности катка в его конструкции предусмотрены два вальца. Каждый

## Техническая характеристика кулачковых катков

Показатели	Единица измерения	Марка кулачковых катков	
		Д-130Б	Д-220
Вес катка:			
без балласта . . . . .	т	3,3	13,3
с балластом . . . . .	"	5	29,4
Диаметр вальца катка . . . . .	мм	1200	2400
Габаритные размеры:			
длина . . . . .	мм	3765	7810
ширина . . . . .	"	1850	3204
высота . . . . .	"	1600	3224
Высота кулачков . . . . .	"	188	400
Уплотняющая поверхность кулачка . . . . .	см <sup>2</sup>	20,8	66
Количество кулачков . . . . .	шт.	128	180
Удельное давление опорной поверхности кулачков:			
без балласта . . . . .	кгс/см <sup>2</sup>	40	34
с балластом . . . . .	"	60	75
Тяговые средства в рабочем положении:			
для одного катка . . . . .	—	Трактор ДТ-54	Трактор Т-140
" сцепа из трех катков . . . . .	—	Трактор С-100	—

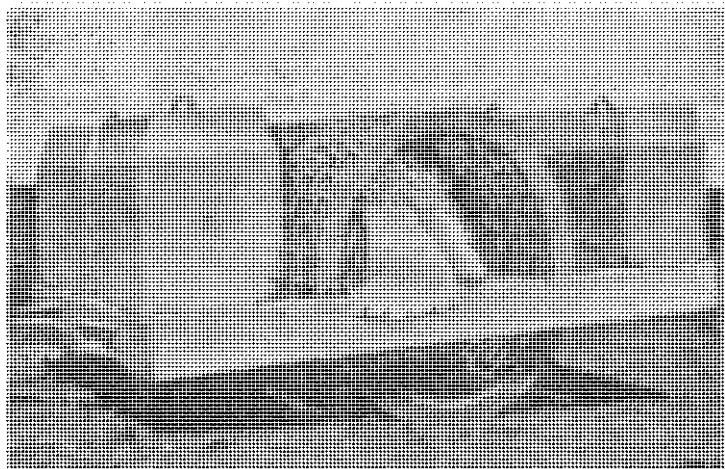


Рис. 14. Решетчатый каток (опытный образец)

валец имеет конус, сваренный из 12-мм листовой стали. К конусу прибалчивается диск из листовой стали толщиной 32 мм. Конус и диск опираются на вал диаметром 130 мм, который лежит в подшипниках скольжения. Каждый подшипник крепится к продольным балкам четырьмя болтами диаметром 20 мм каждый.

К диску приваривается одним краем решетка, которая изготавливается из арматурной стали диаметром 32 мм. Наружный край решетки для большей жесткости усилен кольцом, изготовленным из листовой стали диаметром 32 мм. Скребки изготовлены из листовой стали толщиной 10 мм и прикреплены к боковым балкам болтами диаметром 20 мм.

#### Техническая характеристика решетчатого катка

Вес катка:	
без балласта . . . . .	7 т
с балластом . . . . .	16,2 "
Диаметр вальца . . . . .	1800 мм
Ширина " . . . . .	900 "
Производительность (ориентировочная)	700 м <sup>3</sup> /смену
Габаритные размеры:	
длина . . . . .	5500 мм
ширина . . . . .	2350 "
высота . . . . .	1800 "

Глубина уплотнения грунта при достижении коэффициента уплотнения не менее  $\gamma = 0,95$   $\gamma_{\max}$  характеризуется данными, приведенными в табл. 22.

Таблица 22

#### Коэффициент уплотнения грунта решетчатым катком

Глубина отбора пробы в см	Грунт		
	связный		несвязный
	Количество проходов катка по одному месту		
	8	12	6
5—10 . . . . .	0,97	0,98	0,9
20—25 . . . . .	0,93	0,93	0,94
35—40 . . . . .	0,92	0,97	0,95
45—50 . . . . .	—	0,91	—

После всесторонних испытаний в конструкцию опытного образца решетчатого катка внесены изменения. В данное время изготовлено 10 катков весом: без балласта — 9 т, с балластом — 33 т. В 1964 г. была провере-



на эффективность применения решетчатых катков и их техническое состояние после года эксплуатации. Обследование показало, что решетчатые катки могут уплотнять песчаные и глинистые грунты с пониженной и повышенной влажностью, травийно щебеночные основания и найдут широкое применение при производстве работ в зимнее время на дроблении мерзлых комьев грунта, а также для уплотнения комковатых грунтов. Учитывая хорошую проходимость катка с трактором С-80, можно увеличить его размеры, доведя вес с 16,2 до 20 т.

Отечественной промышленностью изготавливаются самоходные трехвальцовые двухосные, двухвальцовые двух-

Таблица 23

Техническая характеристика самоходных катков с металлическими вальцами

Показатели	Единица измерения	Марка катков			
		Д-230	Д-211Б	Д-399А	Д-400А
Вес катка:					
без балласта . . . . .	т	6	10	8,6	10,8
с балластом . . . . .	»	—	—	12,2	15,5
Ширина вальцов:					
передних . . . . .	мм	900	1000	1300	1300
задних . . . . .	»	2×500	2×500	1300	1300
средних . . . . .	»	—	—	1300	1300
Ширина укатываемой полосы	»	1700	1800	1300	1300
Удельное давление переднего вальца:					
без балласта . . . . .	кгс/пог. м	21,2	32	21	23
с балластом . . . . .	»	—	—	31	33
Заднего вальца:					
без балласта . . . . .	»	41	68	45	47
с балластом . . . . .	»	—	—	62	64
Среднего вальца:					
без балласта . . . . .	кгс/пог. м	—	—	—	13,5
с балластом . . . . .	»	—	—	—	23
Минимальный радиус поворота . . . . .	мм	3000	4500	3600	4300
Скорость движения катка . . . . .	км/ч	2,05—5,9	1,7—5	2,51—5,53	2,51—5,53
Габаритные размеры:					
длина . . . . .	мм	4120	4700	4280	6080
ширина . . . . .	»	1700	1800	1900	1900
высота . . . . .	»	2520	2500	2550	2550
Мощность двигателя . . . . .	л.с.	30	40	40	40
Тип двигателя . . . . .	—	ГАЗ-МК	У-5М	У-5М	У-5М

осные и трехвальцовые трехосные катки с гладкими металлическими вальцами

Техническая характеристика самоходных катков с гладкими металлическими вальцами приводится в табл. 23

Каток Д-260 заменяется новым трехвальцовым двухосным катком Д-467 весом 6 т

Самоходные катки с гладкими металлическими вальцами по песчаным свеженасыпным грунтам в начальный период уплотнения практически не могут передвигаться. В этих случаях катки могут быть использованы после предварительного уплотнения грунта, что должно быть предусмотрено проектом производства работ. Катками с гладкими металлическими вальцами уплотняют связные грунты, применение их целесообразно на завершающей стадии уплотнения верхнего слоя насыпи, являющейся основанием дорожной одежды.

В целях расширения области применения катков с гладкими металлическими вальцами и повышения их эффективности при уплотнении связных грунтов можно рекомендовать к уплотняющей поверхности вальцов прикреплять с помощью бандажей шипы кулачки, а очистные приспособления выполнить в виде металлического скребка-гребенки (в зарубежном машиностроении имеет место монтаж кулачков на вальцах моторных трехвальцовых катков, обычно применяемых для уплотнения покрытий).

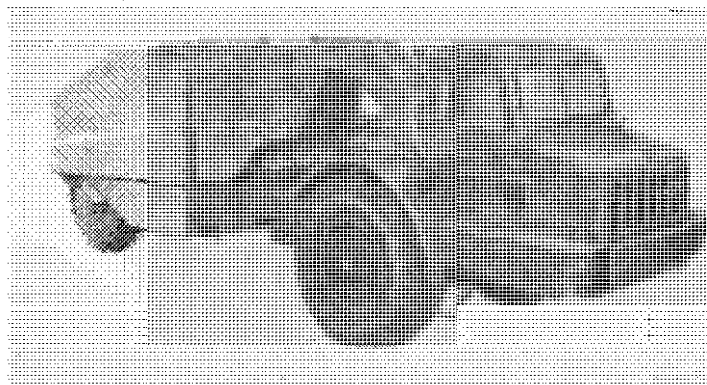


Рис. 15. Потурисский каток Д-551

Figure 1: Schematic diagram of the experimental setup. A subject is seated at a table, viewing a video screen. A camera is positioned above the screen. A horizontal bar is placed on the table, with a vertical rod attached to it. The rod is connected to a motor unit. The motor unit is connected to a power source. The power source is connected to a control unit. The control unit is connected to a computer. The computer is connected to a monitor. The monitor displays the video feed from the camera.

# Точниста: верност и квалитет

Category	Entity	Type					Total
		1990	1991	1992	1993	1994	
Foreign Income	1	100	100	100	100	100	500
Domestic Income	2	100	100	100	100	100	500
Capital Gains	3	100	100	100	100	100	500
Dividends	4	100	100	100	100	100	500
Interest	5	100	100	100	100	100	500
Other	6	100	100	100	100	100	500
Total	7	600	600	600	600	600	3000

It is not the case that the  $\mathcal{H}^1$ -norm of the difference between the exact solution and the numerical solution is bounded by the  $\mathcal{H}^1$ -norm of the initial data. In fact, the  $\mathcal{H}^1$ -norm of the difference between the exact solution and the numerical solution is bounded by the  $\mathcal{H}^1$ -norm of the initial data only if the initial data is sufficiently smooth.

Катки на пневмоколесном ходу на грунтоуплотнительных работах применяются трех типов: прицепные, полуприцепные и самоходные, техническая характеристика которых приводится в табл. 24.

Катки на пневмоколесном ходу по сравнению с кулачковыми катками и катками с гладкими металлическими вальцами обладают рядом преимуществ. К достоинствам этих катков относятся:

а) большая продолжительность времени действия на грузки вследствие эффекта сжатия шин;

б) большие площади контакта шин с грунтом, обеспечивающие уплотнение грунта на большую глубину;

в) возможность регулирования передаваемого на грунт напряжения путем изменения давления воздуха в шинах.

Трестом Узгидроэнергострой для уплотнения предохранительной засыпки на строительстве закрытых горизонтальных дрен был изготовлен прицепной каток, соответствующий габаритам траншеи (рис. 16).

Барабан катка диаметром 0,87 м и шириной 0,5 м облицован листовой 10-мм сталью. Вес катка 2 т, удельное давление 40 кг/см. Барабан вращается в прямоугольной раме, на которой закреплено прицепное устройство и скребок для очистки барабана от прилипшего грунта.

Благодаря шарнирному соединению с тягачом и съемному пальцу каток может поворачиваться в вертикальной плоскости

Опыты, проведенные Среднеазиатским научно-исследовательским институтом водных проблем и гидротехники (САНИИВПиГ), показали, что после одного прохода катка по слою грунта 48, 37, 30 и 11 см, плотность грунта в верхнем слое соответственно составила 1,32; 1,36; 1,38 и 1,5 г/см<sup>3</sup>.

Результаты проведенных

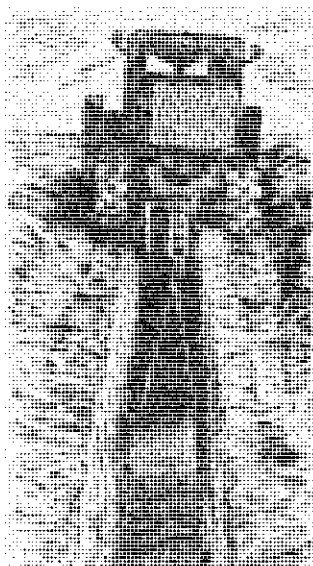


Рис. 16 Прицепной каток для укатки предохранительной засыпки грунта в траншее

исследований позволили сделать вывод, что плотность грунта в уплотненной засыпке выравнивается с «материковой» при толщине предохранительной засыпки в разрыхленном состоянии не более 15 см.

### § 3. Землеройно-транспортные и транспортные машины

Уплотняющее действие землеройно-транспортных и транспортных машин может учитываться не только как дополнительное уплотнение к основному, производимому специальными уплотняющими механизмами. При пониженных требованиях к уплотнению грунта или при возможности выполнения соответствующей организации работ передвигающиеся транспортные и землеройно-транспортные машины могут использоваться как основные средства уплотнения грунта.

Использование автосамосвалов, тракторных тележек и скреперов для одновременного уплотнения грунта при возведении насыпей (примерно 70% железнодорожных насыпей возводится транспортными средствами и скреперами) позволит уменьшить необходимое количество грунтоуплотняющих средств и объем работ по уплотнению насыпей и, следовательно, снизить стоимость строительства.

Однако использование транспортных и землеройно-транспортных машин для уплотнения грунтов не должно отразиться на качестве насыпей. Поэтому до начала производства земляных работ необходимо установить уплотняющую способность транспортных средств и принять такую технологию, которая позволит создать необходимое и равномерное уплотнение насыпей.

Опытные работы, проведенные НИИОМТПом в производственных условиях, подтвердили возможность уплотнения насыпей скреперами, если будут соблюдены дополнительные условия при производстве земляных работ этими машинами.

Опытные работы, проведенные ЦНИИСом в производственных условиях совместно с коллективом работников механизированных колонн, также подтвердили возможность уплотнения насыпей транспортными средствами на ряде железнодорожных строительстве при условии соблюдения определенной технологии производства работ (табл. 25).

## Степень уплотнения насыпей транспортными средствами

Способы возведения насыпей	Грунт	Влажность грунта в %	Норма плотности в г/см <sup>3</sup>	Достигнутая плотность в г/см <sup>3</sup>		
				На поверхности	на глубине в м	
					0,25—0,3	0,4—0,5

## Тайшет—Абакан

Автосамосвалами ЗИЛ-585	Суглинок легкий	13—18	1,6—1,65	1,68	1,6	—
----------------------------	--------------------	-------	----------	------	-----	---

## Рязано-Рыбновский узел

Автосамосвалами МАЗ-205	Суглинок тяжелый	16—24	1,55—1,6	1,75	1,65	1,55
Автосамосвалами МАЗ-205	То же	13—18	1,55—1,6	1,8	1,65	1,6

## Вторые пути линии Казань—Свердловск

Автосамосвалами ЗИЛ-585	Глина пылеватая	27—29	1,45—1,5	1,55	1,48	—
То же	Суглинок тяжелый пылеватый	24—27	1,55—1,6	1,64	1,57	—

## Линия Арбузово—Михайловский рудник

Автосамосвалами ЗИЛ-585	Суглинок пылеватый	14—22	1,6—1,65	1,64	1,58	—
----------------------------	-----------------------	-------	----------	------	------	---

## Станция Домодедово

Автосамосвалами МАЗ-205	Суглинок легкий	14—20	1,6—1,65	1,8	1,8	1,65
----------------------------	--------------------	-------	----------	-----	-----	------

### Технические показатели землеройно-транспортных

Показатели	Единица измерения	Автосамосвал	
		ЗИЛ-585	МАЗ-205
Размер шин . . . . .	дюйм	9,00—20	12,00—20
Давление в шине . . . . .	ат	4,25	4,8
Нагрузка на колесо . . . . .	т	1,4	2,4
Толщина уплотняемого слоя	см	20	25
Ширина полосы укатки . . .	м	0,9	1,1

В табл. 26 приводятся технические показатели землеройно-транспортных и транспортных машин, которые могут работать как грунтоуплотняющие средства.

Уплотняющее действие тракторов на гусеничном ходу выражается в том, что гусеницы трактора, перемалывая отдельные комья грунта, способствуют его уплотнению на глубину примерно 5 см. Наибольшее уплотняющее действие достигается при первых проходах трактора, дальнейшее увеличение числа проходов трактора не дает заметного увеличения плотности грунта.

Уплотнять грунты только одними тракторами нецелесообразно; укатка трактором без катков стоит примерно в 4 раза дороже, а производительность в 5 раз меньше по сравнению с кулачковыми катками.

### § 4. Трамбующие машины и трамбовки

Способ уплотнения грунта трамбованием имеет в настоящее время повсеместное распространение. Первоначально уплотнение грунта этим способом осуществлялось ручными трамбовками, которые в настоящее время заменены механическими, а также трамбующими плитами и трамбующими машинами.

При трамбовании грунт уплотняется падающим грузом (рабочий уплотняющий орган) в момент соприкосновения его с грунтом, когда начинается процесс удара.

Процесс удара начинается от момента контакта рабочего уплотняющего органа с грунтом и завершается с окончанием его перемещения в грунт, когда имеется наибольшая деформация. За время удара происходит превращение кинетической энергии трамбующих механи-

## и транспортных машин

Трактор-тележка	Скрепер		
Д-179А	Д-147	Д-222	Д-213
14,00—20	12,00—20	12,00—20	14,00—20
5—6	5—6	5—6	5—6
4	3	3	4,2
30	25	25	35
1,6	1,1	1,1	1,6

зированных средств в другие виды энергии, а также в энергию деформации.

Время удара с некоторым допущением можно определить в зависимости от величины удельного импульса, так как это время зависит от деформации грунта, а последняя определяется действующими напряжениями, и следовательно, величиной удельного импульса.

Удельный импульс  $i$  определяется по формуле

$$i = \frac{MV}{F} = \frac{Q \sqrt{2gH}}{Fg}, \quad (29)$$

где  $M$  — масса рабочего уплотняющего органа;

$V$  — скорость рабочего уплотняющего органа в момент удара при свободном падении;

$Q$  — вес уплотняющего рабочего органа;

$g$  — ускорение силы тяжести;

$H$  — высота сбрасывания уплотняющего рабочего органа;

$F$  — площадь основания рабочего уплотняющего органа.

Максимальное напряжение на поверхности грунта при свободном падении трамбующей плиты (с достаточной для практических целей точностью) определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{1,7t}{\tau}, \quad (30)$$

где  $\tau$  — время удара в сек (т. е. то время, в течение которого длится процесс удара, где кинетическая энергия уплотняющего рабочего органа



передается грунтовыми частицам и агрегатам) в зависимости от веса трамбовки составляет для несвязных грунтов 0,024—0,012 сек и для связных 0,110—0,017 сек.

Найденные значения удельных импульсов и пределов прочности, соответствующие оптимальным влажностям грунтов, не должны превышать значений, приведенных в табл. 27, выше которых наступит разрушение грунта.

Толщина слоя грунта при уплотнении его трамбованием, при использовании формулы (9), в которой отношения напряжений заменены отношением ударных импульсов, может быть определена по следующей формуле

$$H = 1,1 K_1 K_2 B_{\min} \left( 1 - e^{-3,7 \frac{i}{i_p}} \right); \quad (31)$$

для несвязных грунтов

$$H = 1,5 K_1 K_2 B_{\min} \left( 1 - e^{-\beta \frac{i}{i_p}} \right), \quad (32)$$

где  $i$  и  $i_p$  — соответственно удельные импульсы удара и предельные удельные импульсы в  $\text{кгс} \cdot \text{сек}/\text{см}^2$ ;

$B_{\min}$  — минимальный размер рабочего уплотняющего органа в см.

Таблица 27

Значения пределов прочности грунтов и предельных удельных импульсов

Грунт	Предел прочности грунта в $\text{кгс}/\text{см}^2$ (диаметр штампа 70—100 см)	Предельные удельные импульсы в $\text{кгс} \cdot \text{сек}/\text{см}^2$
Песчаные, супесчаные, пылеватые . . . . .	3—7	0,05—0,07
Суглинистые . . . . .	7—12	0,07—0,12
Тяжелосуглинистые . . . . .	12—20	0,12—0,20
Глины . . . . .	20—23	0,20—0,27

При уплотнении грунтов оптимальной влажности ( $K=1$ ) до плотности 0,95  $\gamma_{\max}$  ( $K_2=1$ ) формула (31) и (32) соответственно примут следующий вид:

для связных грунтов

$$H = 1,1 B \left( 1 - e^{-3,7 \frac{i}{i_p}} \right) \text{ см}; \quad (33)$$

для несвязных грунтов

$$H = 1,5 B \left( 1 - e^{-3} \frac{i}{i_p} \right) \text{ см.} \quad (34)$$

Необходимое число ударов  $n$  определяется приближенно по следующей формуле:

$$n = \frac{K i_p}{i}, \quad (35)$$

где  $K$  — коэффициент, зависящий от плотности и вида грунта, определяемый по данным, приведенным в табл. 28.

Отечественной промышленностью изготавливаются трамбуемые машины ударного действия, техническая характеристика которых приводится ниже.

Таблица 28

Значения коэффициента  $K$

Плотность грунта от максимальной стандартной	Грунт	
	связный	несвязный
0,95	4	2
0,98	7	4
1	14	10

#### Техническая характеристика трамбуемой машины Д-471Б

Тип базовой машины . . . . .	Трактор С-100
Количество плит . . . . .	2 шт.
Ширина плиты . . . . .	1 100 мм
Длина . . . . .	900 "
Вес одной плиты . . . . .	1 300 кг
Высота подъема плиты . . . . .	1 100 мм
Наибольшая энергия удара . . . . .	1 430 кгс·м
Рабочие скорости движения машины . . . . .	80—200 м/ч
Глубина уплотнения . . . . .	0,8—1,2 м
Ширина уплотняемой полосы . . . . .	2,6 м
Число ударов в минуту . . . . .	16—18
Вес:	
без трактора . . . . .	6 500 кг
с трактором . . . . .	17 500 "
Габаритные размеры:	
длина . . . . .	6 330 мм
ширина . . . . .	2 500 "
высота . . . . .	3 050 "

#### Техническая характеристика дизель-трамбовочной машины ЦНИИС

Тип базовой машины . . . . .	Трактор С-100 с бульдозером
Количество дизель-трамбовок . . . . .	5 шт.

Опорная площадь одной трамбовки . . . . .	0,4 м <sup>2</sup>
Вес одной трамбовки . . . . .	512 кг
Число ударов одной трамбовки в минуту . . . . .	68—72
Энергия удара одной трамбовки . . . . .	138,5 кес·м
Глубина уплотнения . . . . .	До 1,2 м
Рабочие скорости машины . . . . .	59—185 м/мин
Ширина уплотняемой полосы . . . . .	2,83 м
Габаритные размеры:	
длина . . . . .	6 555 мм
ширина . . . . .	3 030 »
высота . . . . .	3 235 »
Вес:	
без трактора . . . . .	8 200 кг
с трактором . . . . .	19 700 »

Основное преимущество трамбующих машин по сравнению с катками заключается в том, что этими машинами можно уплотнять слои грунта значительной толщины, производить уплотнение отдельных участков насыпей в стесненных условиях и вести уплотнение в зимнее время.

Трамбующие плиты, являющиеся сменным оборудованием экскаваторов и пошпоповоротных кранов, изготовляются весом 1 т и более.

Плиты, свободно подвешенные на канатах к стреле, поднимаются обычно на высоту 1—2 м (при уплотнении просадочных грунтов на высоту 3—4 м) и при падении несколькими ударами уплотняют грунт на глубину 0,8 м и более.

Трамбующие плиты, смонтированные на экскаваторах, не могут иметь широкого распространения в строительстве ввиду высокой стоимости и большой металлоемкости машины. Изнашиваемость экскаваторов с трамбующими плитами значительно повышается по сравнению с изнашиваемостью их на разработке грунтов. В первую очередь износу подвергаются механизм поворота платформы и канаты.

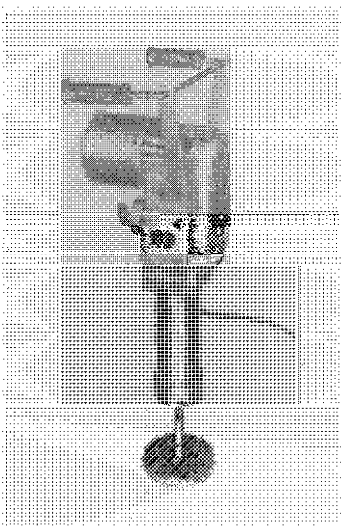


Рис. 17. Электротрамбовка С-690

Пневматические и электрические трамбовки предназначены для уплотнения грунтов в стесненных и неудобных местах при засыпке котлованов, траншей и ям. Их техническая характеристика приведена в табл. 29.

Таблица 29

Техническая характеристика трамбовок

Показатели	Единица измерения	Марка трамбовок			
		ТР-1	С-690 (рис. 17)	И-157	И-132
Вес . . . . .	кг	11,5	21,5	41	200
Рабочее давление воздуха . . . . .	кгс/см <sup>2</sup>	5	—	6	—
Число ударов в минуту . . . . .	—	650	550	600	437
Энергия удара . . . . .	кгс·м	—	—	11	—
Мощность электродвигателя . . . . .	квт	—	0,6	—	2,8
Габаритные размеры:					
длина . . . . .	мм	—	262	615	1410
ширина . . . . .	"	80	435	490	650
высота . . . . .	"	1200	900	875	1310

## § 5. Вибрационные машины

Вибрационные машины для уплотнения грунта бывают глубинные и поверхностные. Эти машины могут быть подразделены на группы: самопередвигающиеся, прицепные и переставляемые краном.

В СССР некоторые машины для уплотнения грунта выпускаются серийно, но большая номенклатура машин находится в стадии экспериментирования. Технические характеристики вибрационных машин приведены в табл. 30.

**Поверхностные виброуплотнители.** При поверхностном виброуплотнении грунта наблюдается минимальный отрыв вибрационной плиты от уплотняемой поверхности, когда амплитуда колебаний бывает соизмеримой с величиной упругой деформации грунта.

Основным фактором, влияющим на уплотняемость грунтов вибрированием, является степень их связности: чем больше связность грунта, тем должны интен-

Таблица 2

## Технические характеристики вибрационных машин для укладки грунта

Виброисполнители	Вращающая сила, кг	Частота вращения, об/мин	Давление, Па	Мощность, кВт	Размер вибратора, мм	Объем грунта, м <sup>3</sup>
Горизонтальный (гидравлический) . . . . .	3,8-10	300-1200	0,1-1,5	1,5-30	До 10	Уплотнение песчаных оснований и насыпей при толщине слоя в 1 м
Виброизлучатель . . . . .	2-10	300-3000	0,5-2	4,5-12	0,5	Уплотнение песчаных грунтов и гравелистых насыпей
Виброизлучатель ручного . . . . .	0,2-2	300-3000	1,1-1,5	1-5	0,1-0,5	Уплотнение песчаных и гравелистых грунтов
Виброизлучатель крановый . . . . .	2-10	300-3000	6-10	40-80	1,5-2	Уплотнение песчаных грунтов и насыпей обвалов
Виброизлучатель крановый . . . . .	До 16	1500	5,5	60	1-2	Уплотнение песчаных и гравелистых грунтов

сильнее затухать колебания по глубине уплотняемого слоя, так как все бо́льшая часть ее рассеивается на деформирование образовавшихся связей. При этом характеру уменьшения достигаемой плотности по глубине слоя соответствует характер затухания колебаний.

На рис. 18 приведены кривые изменения плотности по глубине слоя для песчаного грунта с различным содержанием глинистой фракции.

Из приведенных данных следует, что плотность уменьшается с увеличением толщины уплотняемого слоя и с ростом содержания глинистой фракции в грунте.

Зависимость изменения толщины слоя уплотняемого грунта до плотности  $\gamma = 0,95 \gamma_{\max}$  при изменении статического давления (вес вибратора, отнесенный к площади рабочей плиты) ступенями от 500 по 2000 кг/м<sup>2</sup> определяется по следующей формуле:

$$\lg h = \frac{0,85 Q_{\text{ст}} - 525}{Q_{\text{ст}} + 425} - 0,1 n + \lg b, \quad (36)$$

где  $h$  — толщина слоя, плотность которого не менее  $\gamma = 0,95 \gamma_{\max}$  м;

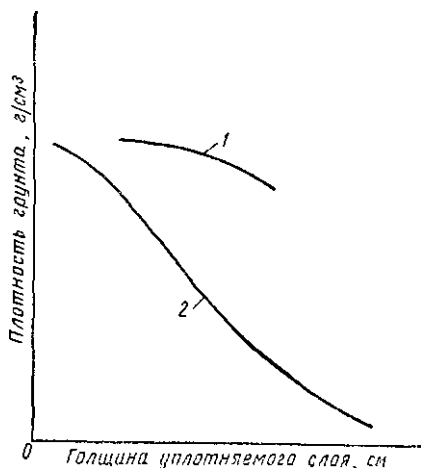


Рис. 18. Зависимость плотности от толщины уплотняемого слоя и содержания глинистых фракций в грунте

1 — грунт с содержанием глинистых частиц 1%; 2 — то же, 7%

$Q_{\text{ст}}$  — удельное статическое давление в  $\text{кгс/м}^2$ ;  
 $n$  — содержание глинистой фракции в грунте в %;  
 $b$  — наименьший размер плиты вибратора в плане в м.

Эта формула справедлива для грунтов, влажность которых близка к оптимальной, определенной методом стандартного уплотнения, и у которых содержание глинистой фракции в грунте менее 30%.

На рис. 19 приведена номограмма, по которой можно определить толщину уплотняемого слоя.

Пример. Удельное статическое давление вибратора  $Q_{\text{ст}} = 750 \text{ кг/м}^2$ , меньший размер рабочей плиты 0,5 м, грунт — песок — содержит 30% глинистой фракции.

По номограмме значениям  $Q_{\text{ст}} = 750 \text{ кгс/см}^2$  и  $n = 3$  будет соответствовать  $h_0 = 0,7$ .

Откуда  $h = 0,7 \cdot 0,5 = 35 \text{ см}$ .

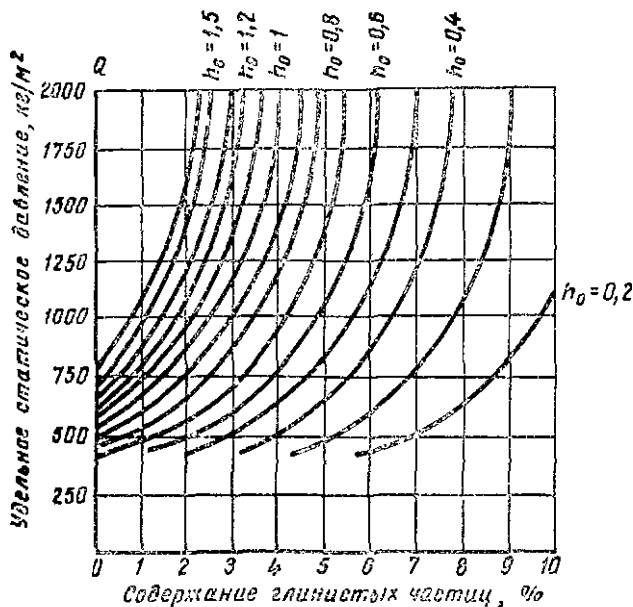


Рис. 19. Номограмма для определения толщины уплотняемого слоя грунта

Необходимое время вибрирования, в течение которого грунт приобретает требуемую плотность, зависит от его связности и удельного статического давления (при постоянных амплитуде и частоте колебаний). Не-

обходимое время вибрирования резко возрастает с увеличением связности грунтов.

Следует отметить, что при прочих равных условиях необходимое время вибрирования будет уменьшаться при увеличении частоты колебаний.

Для определения необходимого времени вибрирования можно пользоваться номограммой, приведенной на рис. 20.

**Пример.** По данным предыдущего примера требуется определить время вибрирования.

По номограмме рис. 20 время вибрирования равно 50 сек.

Поверхностное виброуплотнение грунтов оказывает рациональным и весьма эффективным только для несвязных и малосвязных грунтов, содержание глинистой фракции в которых не должно превышать 6%.

Самопередвижные виброплиты с направленной возмущающей силой выпускаются промышленностью двух типов: с электродвигателем и с двигателем внутреннего сгорания; преимущество последних в их автоном-

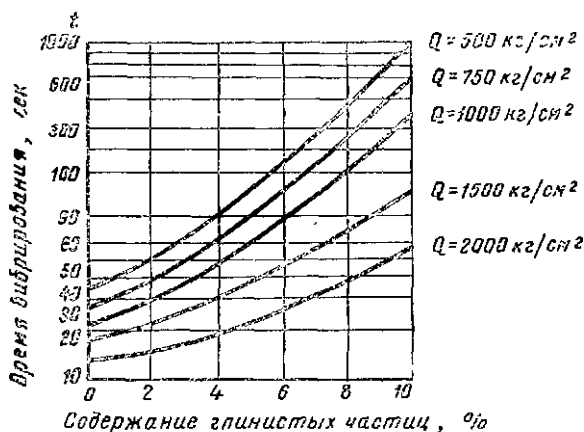


Рис. 20. Номограмма для определения времени вибрирования

ности. Это преимущество виброплит с двигателем внутреннего сгорания может быть решающим для тех случаев, когда работы выполняются вдали от источников электроэнергии.

Общим недостатком самопередвигающихся виброплит является то, что они чрезвычайно чувствительны



к уклону местности; при незначительном понижении уплотняемой поверхности они, перемещаясь под уклон, отклоняются от заданного направления.

Принципиальная схема устройства ручных, прицепных и крановых виброплит не имеет существенных отличий от самопередвигающихся виброплит. Следует отметить, что если возмущающая сила действует под небольшим углом к вертикали, то эффективность уплотнения грунта возрастает.

Технические характеристики вибрационных плит приведены ниже.

#### Самопередвигающаяся виброплита Д-368Б

Размеры опорной части виброплиты . . . . .	1,05×1,6 м
Рабочая скорость перемещения . . . . .	300—350 м/ч
Тип вибратора . . . . .	Центробежный с направленными колебаниями
Амплитуда колебаний плиты . . . . .	3—12
Число колебаний в минуту . . . . .	1 150
Наибольшая возмущающая сила . . . . .	10 300 кгс
Мощность двигателя . . . . .	16 л. с.
Вес:	
вибрирующей части . . . . .	1 610 кг
подвешенной » . . . . .	465 »
общий . . . . .	2075 »
Габаритные размеры:	
длина . . . . .	1965 мм
ширина . . . . .	1185 »
высота . . . . .	1518 »

#### Прицепная виброплита Д-491

Размеры виброплиты . . . . .	1,52×1,38 м
Тип вибратора . . . . .	Центробежный, с направленными колебаниями
Количество вибраторов . . . . .	2
Частота колебаний в минуту . . . . .	605—1485
Возмущающая сила . . . . .	2000—16 000 кгс
Мощность двигателя . . . . .	65 л. с.
Вес:	
вибрирующей части . . . . .	2500 кг
общий . . . . .	5000 »
Габаритные размеры:	
длина . . . . .	2700 мм
ширина . . . . .	1820 »
высота . . . . .	2780 »

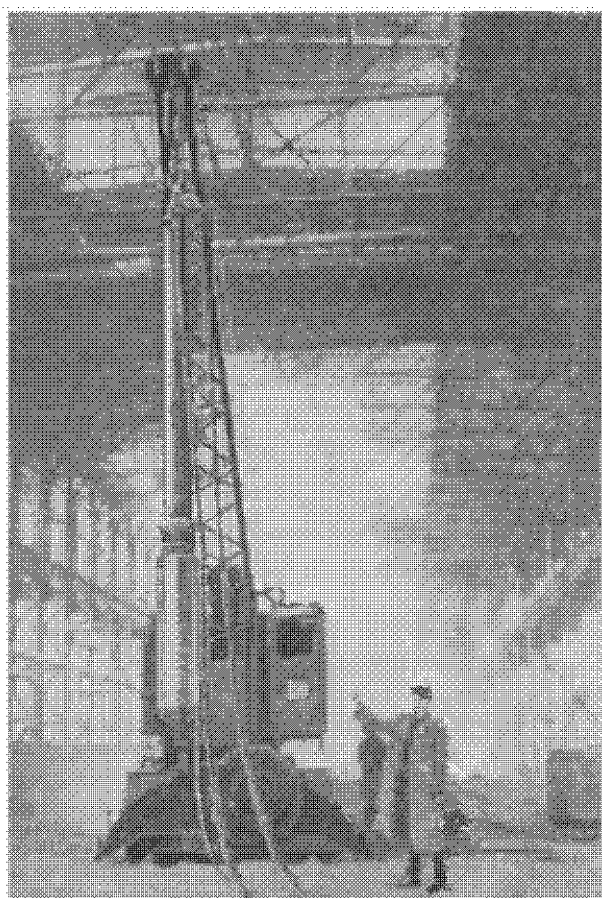


Рис. 21. Гидровибрационная установка С-629

**Глубинные виброуплотнители.** Для глубинного виброуплотнения песчаных грунтов серийно изготавливается гидровибратор С-629, кроме того отечественной промышленностью изготавливаются вибраторы С-825 и С-826 для уплотнения бетона, которые также при необходимости используются для уплотнения песчаных грунтов.

Технические характеристики вибраторов С-629 (рис. 21), С-825 и С-826 приводятся ниже.

**Техническая характеристика гидровибратора С-629**

Частота колебаний по валу . . . . .	1450 кол/мин
Мощность электродвигателя . . . . .	14 квт
Кинетический момент дебалансов . . . . .	200 кгс·см
Величина центробежной силы . . . . .	4500 кгс
Давление подаваемой воды . . . . .	3—6 ат
Расход воды . . . . .	До 300 л/мин
Максимальная глубина уплотнения . . . . .	10 м
Вес:	
с четырьмя секциями . . . . .	2,5 т
без секций . . . . .	1,5 »

**Техническая характеристика глубинных вибраторов**

Тип вибратора . . . . .	С-825	С-826
Частота колебаний . . . . .	5800 кол/мин	
Мощность электродвигателя . . . . .	0,6 квт	1,1 квт
Кинетический момент дебаланса . . . . .	1,3 кгс·см	2,22 кгс·см
Возмущающая сила . . . . .	500 кгс	800 кгс
Вес . . . . .	21 »	29 »

**Пульсационная установка.** В настоящее время ведутся исследования по применению пульсационного метода уплотнения песчаного грунта, намываемого под воду.

Эти исследования в некоторой своей части завершены и могут найти практическое применение для решения задачи в производственных условиях.

Сущность пульсационного метода заключается в следующем: в толщу намывого грунта, находящегося в водонасыщенном состоянии, посредством поршневой пульсационной установки по воздухопроводу нагнетается сжатый воздух под переменным (пульсирующим) давлением. Пульсирующий воздух, поступая в грунт, производит динамические (вибрационные) воздействия на окружающую толщу, нарушает структуру грунта и вызывает процесс разжижения массива. Затем при продолжающихся динамических воздействиях происходит

оседание частиц грунта с образованием плотной структуры.

В отличие от глубинных вибраторов, которые вызывают колебание грунта посредством вибрации их корпуса, непосредственное динамическое воздействие на грунт осуществляется пульсирующей по объему воздушной упругой камерой (сфера), образующейся при работе установки в толще грунта у торца воздухопровода.

Для эффективной работы пульсационной установки необходимо выполнять следующие условия:

а) грунт должен находиться в состоянии полного водонасыщения, обладать способностью достаточно легко переходить в разжиженное состояние при динамических воздействиях; таким условиям удовлетворяют мелкозернистые пески непосредственно после намыва.

б) толща грунта в процессе работы пульсационной установки не должна осушаться, а тем более не должны образовываться сплошные каналы, по которым пульсирующий воздух мог бы вырываться наружу; для соблюдения этого условия пульсационная установка должна обеспечивать периодическое нагнетание сжатого воздуха с обязательным последующим отсосом отработанного воздуха из грунта в каждом пульсационном цикле;

в) максимальное давление в пульсирующей воздушной камере (в толще грунта) должно превышать как минимум в 1,5—2 раза полное гидростатическое давление, образуемое весом взвешенной грунтовой массы (суспензии) по уровню торца воздухопровода;

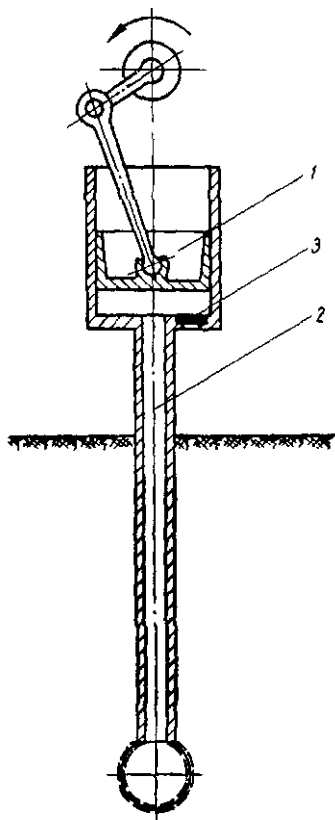


Рис. 22. Схема пульсационной установки

г) частота пульсации должна быть не менее 10—15 кол/сек.

На рис. 22 приведена схема пульсационной установки, которая состоит из поршневого пульсатора 1 и воздухопровода 2, для подачи пульсирующего воздуха в толщу грунта. В крышке цилиндра пульсатора установлен всасывающий клапан 3.

На строительстве Волгоградской ГЭС пульсационная установка (рис. 23) была смонтирована на тракторе С-80 и состояла из двухцилиндрового воздушного пульсатора с приводом от бензинового двигателя; стрелы, на которой подвешены две пульсационные трубы диаметром 37 мм, длиной по 4,5 м каждая; лебедки для спуска и подъема труб с приводом от двигателя трактора и гибких шлангов, соединяющих цилиндры

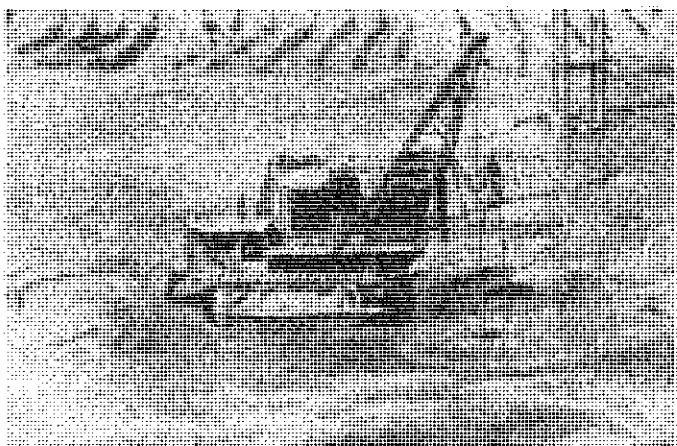


Рис. 23. Общий вид пульсационной установки

пульсатора с трубами. Объем каждого цилиндра пульсатора равнялся 20 л, максимальное пульсирующее давление в пневмосистеме достигало 2,5—3 ат. Частота пульсации равнялась 15 гц.

Испытания опытной установки проводились на русловой плотине Волгоградгидростроя. За весь период испытаний было уплотнено свыше 100 тыс. м<sup>3</sup> грунта.

Грунты, намывные в русловой плотине, представляют собой мелкозернистые пески с содержанием частиц

меньше 0,25 мм в количестве от 30 до 60%. Объемный вес скелета грунта после намыва изменялся в пределах от 1,5 до 1,55 г/см<sup>3</sup>. Во время испытаний грунтовые воды располагались до 1 м.

При уплотнении грунта пульсационной установкой был принят следующий порядок в производстве работ. Передвижка трактора на следующую стоянку уплотнения производится задним ходом. Уплотнение грунта ведется одновременно двумя пульсирующими трубами. Погружение этих труб происходит при работающем пульсаторе под действием веса самих труб и груза, укрепленного на их верхних концах. Процесс погружения труб на глубину 4—4,5 м обычно длится 20—40 сек. После того как трубы опустились на заданную глубину и произвели полное разжижение участка, осуществляется поочередной ступенчатый подъем труб и грунт доводится до необходимой степени уплотнения. С момента погружения труб начинается формирование провальной воронки, развитие которой прослеживается визуально. По мере подъема труб размеры воронки увеличиваются и достигают своей максимальной величины при положении нижних концов труб на глубине 0,3—0,5 м от поверхности земли. Воронки, образовавшиеся в результате работы пульсатора, обычно оказываются затопленными водой, отжатой из грунта за счет его уплотнения.

После извлечения труб из грунта трактор передвигается задним ходом на соответствующее расстояние и располагается непосредственно на месте следующего погружения труб. Затем вновь производится процесс уплотнения с последующим передвижением машины.

По данным хронометража, продолжительность всего цикла (погружение труб, уплотнение грунта и передвижение трактора) обычно равняется 4—5 мин. В результате работы пульсационной установки образуется полоса уплотненного грунта, равная по ширине двум диаметрам воронки.

Уплотнение в зависимости от грунтовых условий производится на глубине от 1,5 до 4,5 м.

Эффективность повышения плотности грунта в результате работы пульсационной установки выявлена ударным зондированием. Зондирование производилось на участках подводного намыва на глубину 3,6 м до и после уплотнения. Установлено, что прочность грунта (сопротивление прониканию зонда) на расстоянии

3,5 м от центра воронки уплотнения повысилась в 8—10 раз, а на расстоянии 1,5 м в 20 раз. После уплотнения грунт приобрел более однородную плотность и в отличие от неуплотненного грунта под действием ударов зонда не разжижился.

**Вибрационная установка ВУПП-4.** ВНИИГСом для глубинного уплотнения значительного объема водонасыщенных средне- и мелкозернистых песков на глубину 4—6 м разработан способ, основанный на виброударном воздействии по всей высоте уплотняемого слоя песка.

Такое объемное динамическое воздействие может создаваться в толще водонасыщенного грунта виброустановкой ВУПП-4, которая состоит из погружаемого в грунт виброуплотнителя и вибропогружателя (рис. 24).

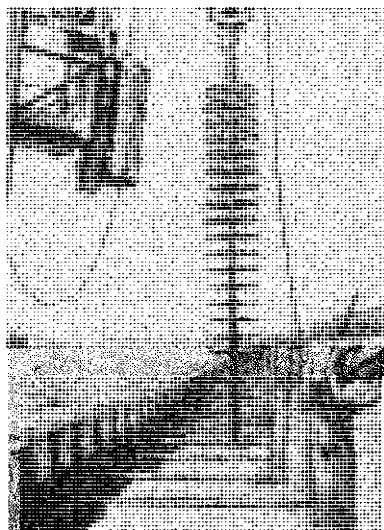


Рис. 24. Виброустановка ВУПП-4

Виброуплотнитель представляет собой вертикальную металлическую трубу диаметром 102 мм с приваренными к ней через 300 мм по высоте горизонтальными ребрами (по четыре ребра в каждом ярусе).

Погружение виброуплотнителя в водонасыщенный песок осуществляется вибропогружателем ВПП-2.

Создаваемое виброустановкой ВУПП-4 пространственное динамическое воздействие улучшает напряженное

состояние всего уплотняемого объема песка и условия переукладки зерен песка, создавая значительные амплитуды колебаний во всем объеме. Уплотнение песка при этом происходит эффективно и равномерно на значительной площади (диаметром 4—5 м).

Виброустановка была применена трестом Севзапморгидрострой при участии ВНИИГСа на уплотнении песчаной засыпки из среднезернистого песка за шпунто-

вой стенкой причала Ленинградского морского торгового порта.

Уплотнение песка происходило на площади диаметром 4—5 м по всей глубине погружения виброуплотнителя. Виброуплотнитель погружался в грунт по сетке 4 м. Плотность песка на поверхности составляла  $1,77 \text{ г/см}^3$ , на глубине 1 и 2 м — соответственно  $1,81 \text{ г/см}^3$  и  $1,84—1,85 \text{ г/см}^3$ .

Сопротивление сдвигу уплотненного песка характеризуется значением угла внутреннего трения от  $45^\circ$  до  $50^\circ$ , увеличиваясь по глубине уплотненной толщи.

Технико-экономические показатели уплотнения слоя среднезернистых песков до 6 м виброустановкой ВУПП-4 характеризуются следующими данными: а) объем уплотненного песка при одном погружении виброустановки 70—80  $\text{м}^3$ ; б) время одного погружения и извлечения составляет 8—10 мин; в) расстояние между точками погружения виброуплотнителя 4 м.

#### Техническая характеристика виброустановки ВУПП-4

Производительность . . . . .	300 $\text{м}^3/\text{ч}$
Мощность электродвигателя . . . . .	40 $\text{квт}$
Частота вибрирования . . . . .	1500 $\text{кол/мин}$
Вес вибратора ВПП-2 . . . . .	2200 $\text{кг}$
Вес всей установки . . . . .	3150 »
Грузоподъемность крана, работающего с установкой . . . . .	4—5 т

### § 6. Комбинированные грунтоуплотняющие машины

Различное сочетание в машине рабочих грунтоуплотняющих органов (первое направление комбинированного способа уплотнения грунтов) создает по сравнению с обычными способами уплотнения более благоприятные условия для увеличения глубины проработки слоя грунта и его плотности, а также расширяет область применения машин.

Исследованиями НИИОМТП, проведенными на строительных площадках в Москве, была подтверждена эффективность совместного воздействия на грунт вибрации и трамбования. Экспериментальные работы проводились с опытным образцом вибромашины «ВНИОМС», которой были приданы дополнительные



функции ударного воздействия на грунт. Исследования выполнялись непосредственно в производственных условиях на уплотнении как связных, так и несвязных грунтов, засыпаемых в траншеи после прокладки трубопроводов.

Результаты исследований подтвердили возможность и эффективность уплотнения связных и несвязных грунтов при одновременном воздействии на них вибрации и трамбования. Опыты, проведенные другими исследователями, также подтвердили эти выводы.

НИИОМТП были проведены опыты, показавшие эффективность применения трамбующих плит с различной рабочей поверхностью (поверхность гладкая и поверхность с кулачками).

Также были проведены исследования по совместной работе катка на пневмоколесном ходу и виброкатка.

Уплотнению подвергался 30-см слой связного грунта, содержащий песчаные и пылеватые частицы с включением гравия. После одного, двух и трех проходов катка на пневмоколесном ходу весом 50 т плотность грунта составила соответственно 93, 96 и 98% максимальной стандартной. Дальнейшее увеличение числа проходов не приводило к повышению плотности. Виброкаток обеспечивал уплотнение после двух, четырех, шести и восьми проходов соответственно 97, 98, 101 и 103% максимальной стандартной. При уплотнении виброкатком грунт в верхних слоях несколько разрыхлялся. Если после виброкатка пропускали каток на пневмоколесном ходу, то плотность достигала 105—107%. Таким образом, в данном случае оказалось рациональным применение комбинированного способа уплотнения, а именно вначале — вибрационный каток, а затем — каток на пневмоколесном ходу.

Эффективный способ уплотнения при одновременном воздействии на грунт вибрации и укатки широко применяется на земляных работах.

Механизированные грунтоуплотняющие средства, сочетающие совместную работу катка, вибратора и трамбовки, в настоящее время создаются и внедряются в практику строительства. Так, с 1960 г. начат серийный выпуск вибрационных катков, техническая характеристика которых приводится в табл. 31.

По второму направлению комбинированного способа уплотнения грунтов работы осуществляются по техноло-



[illegible]

**THE UNIVERSITY OF CHICAGO**

гическим схемам, предусматривающим совмещение отдельных строительных операций и процессов, в основу которых кладутся следующие положения:

а) совмещение операции разравнивания с укладкой и уплотнением грунта;

б) совмещение операции увлажнения грунта с укладкой и уплотнением грунта;

в) возведение земляного сооружения при помощи машины, одновременно выполняющей перемещение, укладку, разравнивание и уплотнение грунта;

г) возведение земляного сооружения машиной, одновременно выполняющей разработку, перемещение, укладку, разравнивание и уплотнение грунта.

Из механизированных грунтоуплотняющих средств, работающих по принципу совмещения строительных операций с уплотнением грунта, в настоящее время внедряются в практику строительства самоходные катки-бульдозеры, скреперы-катки НИИОМТП, гидро-виброуплотнители-бульдозеры НИИОМТП.

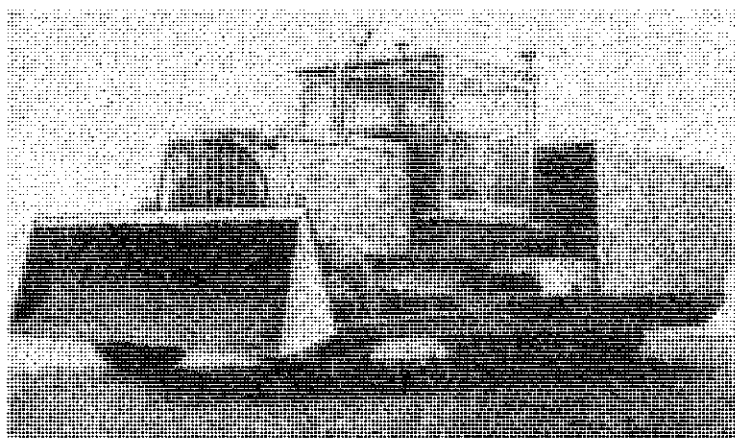


Рис. 25. Общий вид самоходного катка-бульдозера

Первый опытный образец самоходного катка-бульдозера (на пневматическом ходу), сконструированный на базе трактора ДТ-54 (рис. 25), был построен в дорожно-строительном районе № 3 Министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог Латвийской ССР.

Каток имеет отвал, позволяющий одновременно с уплотнением производить разравнивание грунта. Рулевое управление катком и отвалом — гидравлическое. Рабочим органом катка являются ведущие задние колеса, расположенные в один ряд.

#### Техническая характеристика катка-бульдозера

Вес катка с балластом . . . . .	25 т
Объем кузова для балласта . . . . .	7 м <sup>3</sup>
Ведущие колеса . . . . .	4 шт.
Передние » . . . . .	2 »
Расстояние между осями . . . . .	3300 мм
Рулевое управление . . . . .	Гидравлическое
Управление бульдозером . . . . .	»
Регулирование давления воздуха в шинах колес . . . . .	От кабины водителя
Скорость перемещения:	
вперед . . . . .	1,8—4 км/ч
назад . . . . .	0,8—1,2 »
Ширина укатываемой полосы . . . . .	2018 мм
Производительность (ориентировочная)	1000—1200 м <sup>3</sup> /см
Габаритные размеры:	
длина . . . . .	7000 мм
ширина . . . . .	2500 »
высота . . . . .	2400 »

Важным преимуществом данного катка-бульдозера перед катками на пневмоколесном ходу, серийно выпускаемыми отечественной промышленностью, является устройство, позволяющее регулировать давление воздуха в шинах непосредственно в процессе грунтоуплотнительных работ из кабины водителя. Давление воздуха можно быстро изменить от 1,5 до 10 ат, что позволяет эффективно уплотнять разные грунты, подбирая необходимое давление воздуха в шинах при различных состояниях.

Применение использованных авиационных шин позволило снизить стои-

Таблица 32

Плотность в долях от максимальной стандартной, достигнутой катком-бульдозером, в зависимости от толщины уплотняемого слоя грунта

Глубина взятия проб в см	Каток-бульдозер на базе трактора	
	ДТ-54	С-80
	Грунт	
	малосвязный	связный
5—10	1,01	1,0
20—25	0,99	0,99
25—40	0,97	0,97
45—50	0,93	0,94

мость катка и увеличить диапазон давления воздуха в его шинах. При работе самоходного катка бульдозера отпала необходимость в применении бульдозера и автогрейдера на разравнивании и планировке грунта. Таким образом, при возведении насыпей вместо бульдозера и трактора с прицельным катком в большинстве случаев может использоваться самоходный каток-бульдозер, что соответственно снизит стоимость земляных работ, существенно упростит технологию производства работ и повысит их качество.

Второй самоходный каток-бульдозер (на пневмокольном ходу) сконструирован на базе трактора С-80 и имеет конструкцию, аналогичную конструкции катка на базе трактора ДТ-54. Распределение плотности грунта по глубине уплотняемого слоя для этих двух катков характеризуется данными, приведенными в табл. 32.

Скрепер-каток (рис. 26) (предложение М. К. Неклютова) представляет собой модернизацию скрепера Д-222А. К нему добавлены два пневмоколеса, размещаемые между двумя парами задних колес. Для их размещения со скрепера предварительно снимается буферное устройство.

Переоборудование скрепера требует изготовления и установки следующих деталей: двух опор 1 вместо существующих, мешающих установке дополнительных де-

#### Техническая характеристика скрепера-катка

Емкость ковша:	
геометрическая . . . . .	6 м <sup>3</sup>
максимальная, с «шапкой» . . . . .	8 »
Вес:	
без груза . . . . .	8 т
с грузом . . . . .	18 »
Количество колес:	
передних . . . . .	2 шт.
задних . . . . .	6 »
Удельная нагрузка на 1 пог. см контакта шины с грунтом:	
от переднего колеса без груза . . . . .	58 кгс/см
то же, с грузом . . . . .	110 »
от заднего колеса без груза . . . . .	36 »
то же, с грузом . . . . .	88 »

Примечание. Вес скрепера-катка определен расчетным путем и является ориентировочным.

талей; полуоси 2, несколько укороченной против существующей; двух пневмоколес 3, двух косынок 4 и двух



лагер 5 с крышками 6, прикрепляемыми каждая двумя болтами 7.

Полуось с надетыми на нее дополнительными колесами вставляется в лагера, которые при помощи двух опор прикрепляются к существующим задним связям скрепера.

Самоходный гидровиброуплотнитель НИИОМТП (предложение М. К. Неклюдова) представляет собой навесное оборудование, смонтированное на бульдозере Д-259, которое состоит из следующих частей: гидроуплотняющего рабочего органа, рамы подвески и преобразователя частоты.

Гидровиброуплотняющий рабочий орган имеет вид пакета, состоящего из четырех вибраторов С-825 и водяных игл. Вибраторы свободно подвешиваются при помощи фланцев на траверсе.

Для обеспечения погружения гидровиброуплотняющего рабочего органа в грунт на глубину до 2 м, верхняя часть штанги каждого вибратора удлиняется. Вода подается в грунт водяными иглами, идущими по штангам и корпусам вибраторов, соединяющихся затем при помощи резиновых гибких рукавов с водопроводной линией.

Рама подвески состоит из сварной несущей конструкции и стрелы с тягой, несущей обойму неподвижных блоков полиспаста. Сварная несущая конструкция крепится болтами непосредственно к бульдозеру, а стрела с тягой прикрепляется к ней шарнирно.

Лебедка для подъема и опускания гидроуплотняющего рабочего органа устанавливается на площадке рамы подвески. Лебедка состоит из червячного редуктора. На вал червячного колеса насажен сварной барабан для намотки каната. С помощью упругой муфты редуктор соединяется с электродвигателем переменного тока 220/380 в.

Преобразователи частоты И-75-Б монтируются на площадке рамы подвески рядом с лебедкой и предназначены для питания гидровиброуплотняющего рабочего органа электроэнергией с частотой 200 гц и напряжением 36 в.

#### Техническая характеристика гидровиброуплотнителя НИИОМТП

База	Бульдозер Д-259
Гидровиброуплотняющий орган	4 вибратора С-825



число колебаний в минуту . . . . .	5800
статический момент дебаланса . . . . .	1,3 кгс/см
электродвигатель . . . . .	Трехфазный, асинхронный с короткозамкнутым ротором
частота тока . . . . .	200 гц
напряжение . . . . .	36 в
мощность . . . . .	0,6 кВт
число оборотов вала в минуту . . . . .	5800
наружный диаметр корпуса . . . . .	114 мм
длина рабочей части . . . . .	420 »
вес вибратора . . . . .	21 кг
пригрузка . . . . .	40 »
Лебедка . . . . .	1 шт.
грузоподъемность . . . . .	350 кг
канатоемкость барабана . . . . .	17 м
диаметр каната . . . . .	6,2 мм
передаточное число . . . . .	54
скорость навинки каната . . . . .	8 м/мин
скорость подъема вибраторов . . . . .	1 »
диаметр барабана . . . . .	102 мм
электродвигатель . . . . .	Асинхронный в защищенном исполнении А-41-6 мощностью 1 кВт
Преобразователь частоты И-75-Б . . . . .	2 шт.
напряжение:	
первичное . . . . .	380/220 в
вторичное . . . . .	36 в+10 в
частота тока:	
первичная . . . . .	50 пер/сек
вторичная . . . . .	300 »
мощность	
потребляемая агрегатом . . . . .	5,5 кВт
отдаваемая » . . . . .	4 »
Общий вес установки (без бульдозера)	124 кг

## § 7. Грунтоуплотняющие механизированные средства за рубежом

За рубежом на уплотнении грунтов широко применяются самоходные и прицепные катки, вибрационные машины и механические трамбовки. Несколько меньшее распространение получили машины ударного действия.

Катки на пневмоколесном ходу. Эти катки получили в последние годы повсеместное распространение. Основной их разновидностью являются двухосные и одноосные конструкции. У двухосных катков ходовая

часть смонтирована с задними колесами, идущими по следу междущинного промежутка передних колес, чем достигается большая равномерность укатываемой поверхности.

Германская Демократическая Республика изготавливает самоходные катки на пневмоколесном ходу типа GDW 10H (рис. 27) для уплотнения тонких слоев связных грунтов.

Передний валец катка состоит из пяти шин (три средние и две наружные), которые опираются на балансиры, шарнирно-связанные с основной рамой, чтобы каток мог хорошо уплотнять и неровные поверхности.

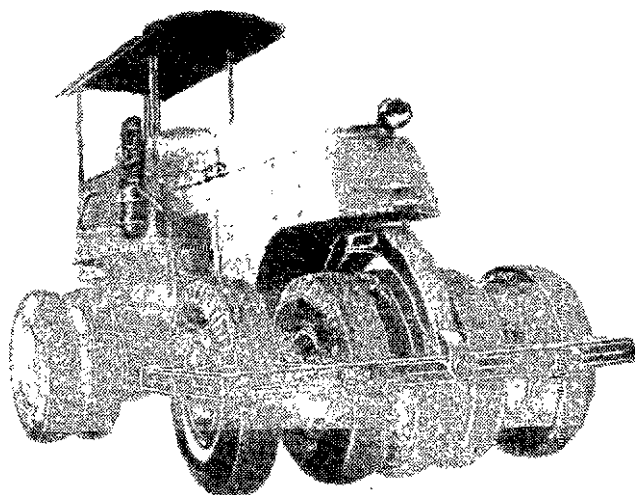


Рис. 27. Самоходный каток на пневмоколесном ходу GDW 10H

#### Техническая характеристика катка GDW 10H

Количество шин . . . . .	9 шт.
Размеры шин (в дюймах) . . . . .	12,00—10
Номинальная мощность двигателя . . . . .	40 л. с.
Число оборотов в минуту . . . . .	1250
Габаритные размеры:	
длина . . . . .	5375 мм
ширина . . . . .	2500 »
высота . . . . .	3000 »
Вес катка:	
без балласта . . . . .	7,3 т
с балластом . . . . .	10 »

Итальянская фирма «Севата» выпускает катки, у которых каждая пара колес соединена между собой шарнирами, что даст равномерное распределение нагрузки. У этого типа катков шесть колес впереди и семь сзади. Вес катка без балласта — 18 т, с балластом — 8 т. К трактору в зависимости от силы тяги может прицепляться несколько катков.

Фирма «Альбера» выпускает катки типа С-11, оборудованные двумя дышлами — спереди и сзади, что исключает разворот машины на узких местах; распределение балласта производится тросами и блоками.

Отличительной особенностью катков UR920P фирмы «Ришье», демонстрировавшихся на выставке в Москве в 1964 г., является система закрепления колес, при которой они качаются на оси и следуют по микро рельефу укатываемой поверхности.

#### Техническая характеристика катка VR 920P

Количество колес:	
передних . . . . .	5 шт.
задних . . . . .	6 »
Ширина укатываемой полосы . . . . .	2200 мм
Дизельный двигатель . . . . .	95 л. с.
Стенд управления поворачивается на угол . . . . .	90°
Вес катка:	
без балласта . . . . .	9 т
с балластом . . . . .	20 »

В США в 1943 г. был выпущен каток весом 68 т на четырех пневмошинах.

На работах в Калифорнии (США) применялась машина еще большего веса — 135—180 т.

Такой каток имеет два ящика, каждый из которых смонтирован на двух колесах. При необходимости более тяжелой машины, например для уплотнения грунта на взлетно-посадочных полосах аэродромов, оба ящика разъединяются и между ними закладывается третий. В этом случае вес машины увеличивается до 252 т.

Современные типы прицепных катков на пневмоколесном ходу выпускаются на колесах большого диаметра с шириной покрышек 50—70 см. Давление в шинах достигает 5—10 кгс/см<sup>2</sup>. Колеса обычно располагаются в один ряд.

В настоящее время в США выпускается каток «Супер Контакт» (модель 200).

# Техническая характеристика катка «Супер Контактор»

Длина с дышлом . . . . .	13,5 м
Ширина . . . . .	4,6 »
Высота . . . . .	2,3 »
Ширина укатываемого слоя . . . . .	4,4 »
Количество колес . . . . .	4 шт.
Размер шин в (дх шх в) . . . . .	30,00—33
Внешний диаметр шин . . . . .	2,36 м
Система подвески . . . . .	2 независи- мых ящика
Скорость движения:	
при работе . . . . .	1,6—8 км ч
» переходах по дороге . . . . .	16 »
Общий вес (при емкости для балласта 25 м³):	
без балласта . . . . .	37,8 т
с песчаным балластом . . . . .	78 »
» металлическим балластом . . . . .	180 »

К числу типичных самоходных катков новейшей конструкции относится «Селф Пробалд».

Каток может осуществлять полный поворот на по-



Рис 28 Самоходная машина «Телефактор» для уплотнения откосов

лосе шириной 6,5 м и имеет реверс для челночного движения без поворота.

Технические данные катка: вес без балласта 5 т, вес с песчаным балластом 20 т, число колес передних — 2 пары, задних — 4 пары, внешний диаметр колес 0,765 м.

Французская фирма «Албарэ» выпускает каток ДР, отличающийся от распространенных во Франции катков тем, что в его вальцы вмонтированы пневмошинные колеса. Последние обеспечивают транспортную скорость движения 9—10 км/ч и гарантируют плотное прилегание вальцов к уплотняемой поверхности соответственно ее поперечным уклонам.

Фирма «Албарэ» также выпускает самоходную машину «Телепактор» (рис. 28) для уплотнения откосов, передвигающуюся в процессе работы вдоль верхней кромки насыпи. При этом уплотнение грунта осуществляется двумя катками, которые поочередно опускаются, а затем подтягиваются к машине при помощи двух пар стальных канатов, наматываемых на барабаны лебедок.

Машина оборудуется пневматическими или стальными колесами. В последнем случае она передвигается по рельсам, уложенным вдоль кромки откоса.

Таблица 33

Технические характеристики кулачковых катков, выпускаемых ФРГ

Каток	Вес в кг		Диаметр вальца с кулачками в мм	Ширина вальца в мм	Максимальное удельное давление в кгс/см <sup>2</sup>	Число кулачков
	без балласта	с балластом				
Одновальцовый	1290	2 820	1420	1250	35,2	80
	1850	3 770	1420	1500	47	96
	2050	4 910	1650	1500	61,3	120
	2750	7 550	2000	1500	94	120
	9500	18 500	2700	2000	71,5	136
	3100	6 100	1420	2800	38,6	160
	3100	6 500	1020	2950	20,7	224
	3960	7 824	1420	3300	49,5	192
Двухвальцовый	4840	10 520	1650	3300	65,7	240
	7000	16 600	2100	3400	103,5	—

**Кучаковые катки.** В ФРГ изготавливаются одновальцовые и двухвальцовые кулачковые катки, техническая характеристика которых приводится в табл. 33.

У катков применяются различные формы опорных поверхностей — квадратная, прямоугольная и эллиптическая.

В г. Вурже, в 1960 г. на выставке строительных и дорожных машин экспонировался кулачковый прицепной каток с изменяемой опорной поверхностью (рис. 29). Уплотнение грунта этим катком осуществляется при трех положениях кулачка.

В первом положении уплотнение нижних слоев грунта производится небольшой опорной площадью каждого кулачка, чем достигается их значительное давление на грунт ( $42 \text{ кгс/см}^2$ ) и наибольшая глубина уплотнения. При втором положении производится уплотнение грунта, уже частично уплотненного кулачками в первом положении; давление кулачков на грунт составляет  $16 \text{ кгс/см}^2$ .

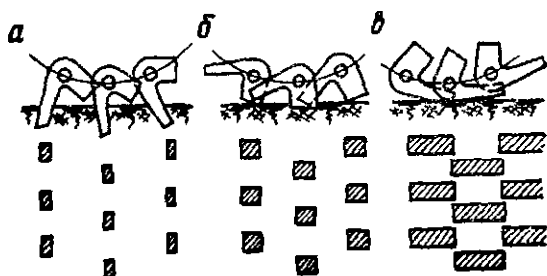


Рис. 29. Уплотнение грунта при различном положении кулачков

*a* — первое положение кулачков, *б* — второе положение кулачков; *в* — третье положение кулачков

В третьем положении производится окончательная укатка с давлением на грунт  $4,8 \text{ кгс/см}^2$ .

В США для уплотнения грунта в траншее, в тех случаях когда трасса трубопровода проходит под усовершенствованным дорожным покрытием, применяется специальный кулачковый каток. Этот каток состоит из двух барабанов диаметром 600 мм, весом каждый без балласта 525 кг и с балластом 910 кг.

**Сегментные катки.** В США вальцы самоходных кат-

ков в ряде случаев оснащаются пластинчатыми цепями для вертикальных нагрузок на уплотняемый грунт или шинами пластинчатой формы. Такие самоходные сегментные катки выпускаются в США фирмой «Буффело-Спрингфильд» под маркой К-45, весом 14,5 т, удельным давлением 103 кгс/пог. см и мощностью двигателя 110 л. с.

Однако катки сегментного типа за рубежом не получили заметного распространения, так как на влажных и липких грунтах их работа малоэффективна и промежуток между сегментами забиваются грунтом, очистка которого затруднительна.

**Решетчатые катки.** В ряде стран и особенно в США за последние годы получили распространение прицепные решетчатые катки, у которых рабочим органом служат два вальца диаметром 168 см с решетчатым полотном из переплетенных стальных прутьев, образующих клетки размером 9×9 см. Балласт укладывается на раме катка спереди и сзади вальцов; кроме того, балласт может загружаться во внутренние полости вальцов, давление на грунт без балласта 5,5 т, с балластом от 6,6 до 13,4 т.

Возможность изменения веса катка от 5,5 до 13,4 т позволяет эффективно использовать его в различных грунтах с разной степенью влажности.

Опытом установлено, что решетчатые катки являются весьма эффективным средством уплотнения грунтов, обеспечивая при этом высокую плотность даже без пригрузочного балласта.

**Зубчатые катки.** Такого типа каток, выпускаемый фирмой «Губер» (США), имеет на вальцах ряд зубчатых ребер. Каток приводится в движение дизельным двигателем 118 л. с., скорость перемещения от 3 до 8 км/ч. Общий вес катка 13,6 т. Зубчатый каток при необходимости может быть превращен в обыкновенный трехвальцовый гладкий каток весом 12 т. По качеству он занимает промежуточное положение между кулачковым и гладким с вальцами.

**Двухосный трехвальцовый каток.** Английская фирма «Эвелинг Барфорд» в этом типе катка весом 2,75—5 т применила специальное устройство для изменения давления на уплотняемую поверхность. Это устройство позволяет распределить вес катка равномерно на два

три вальца или концентрировать большую часть веса на задних вальцах; благодаря этому один и тот же каток может быть использован с равной эффективностью как для отделки покрытия, так и для укатки грунтовых оснований.

Указанное устройство состоит из груза весом 300—350 кг, передвигаемого при помощи троса по специальным направляющим.

Фирма «Хаюм» (ФРГ) изготавливает двухосные катки с ведущими и управляемыми вальцами весом 2,5—3,5; 4—5,5; 5—6 и 8—10 т, с дизельными двигателями мощностью соответственно 11, 20, 20 и 30 л. с.

**Трамбующие машины и трамбовки.** На Лейпцигской ярмарке 1954 г. среди многочисленных образцов строительного оборудования была показана машина ударного действия для уплотнения грунтов, разработанная государственным предприятием по железобетонному строительству в Гамбурге.

Машина на гусеничном ходу снабжена (помимо трамбующего приспособления для уплотнения) отвалом. В случае необходимости одна или несколько трамбовок могут быть выключены из работы стопорным механизмом. Такая машина предназначена для разнооб-

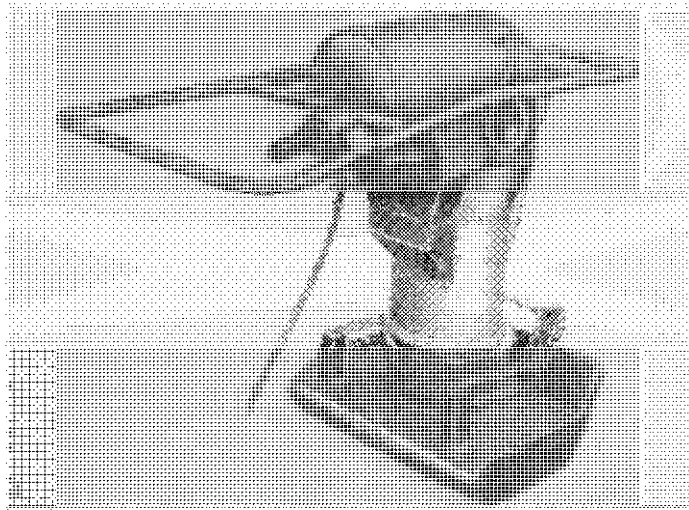


Рис. 30. Электрическая трамбовка ES 200



разных работ на строительстве плотин и других гидротехнических сооружений.

Фирма «Ротари Хойс» (Англия) выпускает много-молотковые трамбовки, предназначенные для работы в комплексе с оборудованием для стабилизации грунтов (той же фирмы), она снабжена дизельным двигателем для привода рычажного механизма подъема — сброса трамбующих молотков. Малая высота падения (250—350 мм) и малый вес молотков (250 кг) ограничивают глубину уплотнения до 25 см.

Германская Демократическая Республика изготавливает электрические трамбовки, технические характеристики которых приводятся в табл. 34.

Таблица 34

Техническая характеристика электрических трамбовок, выпускаемых ГДР

Показатели	Единица измерения	Марки трамбовок	
		ES 200 (р.с. 30)	ES 60
Номинальная мощность двигателя . .	квт	5	1,4
Число оборотов в минуту . . . . .	—	1440	2840
Число ударов " " . . . . .	—	430	530
Габаритные размеры:			
длина . . . . .	мм	1455	820
ширина . . . . .	"	700	480
высота . . . . .	"	1010	945
Вес . . . . .	кг	200	60
Завод-изготовитель . . . . .	—	ФЕБ, завод вибрационных машин	

Технические данные некоторых трамбовок, изготовленных в США, приводятся в табл. 35.

Фирмой «Кондерсон Тейлер» (США) изготавливаются также «прыгающие» строенные пневматические трамбовки 2,9 т с числом ударов 2000 в минуту.

Характеристики пневматических и электрических трамбовок, выпускаемых другими фирмами, а также трамбовок взрывного действия «Дельмаг» приводятся в табл. 36, 37 и 38.

Технические характеристики трамбовок США

Тип	Фирма	Работа удара в кгс·м	Диаметр наконечника в мм	Вес в кг
Легкие				
232	„Ингерсол-Ранд“ . . . . .	0,96	63,5	4,9
14/53	То же . . . . .	1,53	63,5	5,7/6,9
УСАК	„Тсор-К“ . . . . .	1,75	63,5	6,9
МЗО	То же . . . . .	1,2	63,5	3,6
Средние				
24	„Ингерсол-Ранд“ . . . . .	3	76	9,6
34	То же . . . . .	4,3	146	14,6
60	«Тоор-К» . . . . .	5,2	150	13,8

Таблица 36

Технические характеристики пневматических трамбовок фирмы «Дельмаг»

Тип	Диаметр поршня в мм	Ход поршня в мм	Расход воздуха в м³/мин (при давлении 5 ат)	Вес в кг
St-4	28	175	0,5	4,5
St-3	32	195	0,55	9
St-2	32	240	0,65	9,5
St-1	32	230	0,75	10

Таблица 37

Технические характеристики электрических трамбовок фирмы «Вакер»

Показатели	Единица измерения	Тип трамбовок				
		ESP	ES-20Z	ES-60	ES-200	
Мощность . . . . .	квт	0,25	0,5	0,6	0,75	2,2
Число ударов в минуту . .	—	530	530	530	530	430

Показатели	Едини- ца из- мере- ния	Тип трамбовок			
		ESP	ES-20Z	ES-60	ES-200
Размеры рабочего органа:					
диаметр . . . . .	мм	—	—	—	300
длина . . . . .	"	—	150	200	—
ширина . . . . .	"	—	150	200	—
площадь . . . . .	м <sup>2</sup>	—	0,022	0,04	0,071
Габаритные размеры:					
длина . . . . .	мм	—	—	800	—
ширина . . . . .	"	—	—	410	—
высота . . . . .	"	—	—	200	—
Вес . . . . .	кг	16,5	21	40	60
					200

Наряду с развитием за рубежом электрических и пневматических трамбовок появилась тенденция использовать двигатель внутреннего сгорания. С этой целью бензиновый двигатель и бак для горючего включаются в конструкцию самой трамбовки, что делает ее более портативной.

#### Техническая характеристика виброуплотнителей,

Показатели	Марка машин					
	ВЗЕ-1а	ВЗЕ-1б	ВЗЕ-1с	ВЗЕ-1д	Л2ц	Л3
Тип приводного двигателя . . . . .	электрический					Двигатель внутреннего сгорания
Номинальная мощность:						
в кВт . . . . .	0,85	0,85	2,1	2,1	0,8	—
в л. с. . . . .	—	—	—	—	—	1,5—2
Число оборотов в минуту . . . . .	2800	2800	2860	2860	2850	2400—3000
Частота колебаний в минуту . . . . .	2800	2800	2860	2860	2850	4000—5000
Амплитуда колебаний в мм . . . . .	7	7	7	7	—	—
Сила возбуждения в кг . . . . .	175	175	256	256	300—400	500—800
Вес в кг . . . . .	80	80	160	160	62	65
Габаритные размеры в мм:						
длина . . . . .	1300	1300	1300	1300	820	600
ширина . . . . .	400	400	500	600	500	400
высота . . . . .	760	760	760	760	820	800
Завод-изготовитель . . . . .	Завод строительного оборудования № 2 ПНР					Завод по производству вибраторов и строймашин ВНР

**Техническая характеристика взрывных трамбовок  
«Дельмаг»**

Показатели	Единица измерения	Вес трамбовок в кг		
		100	500	1000
Песчаные грунты				
Глубина уплотнения . . . . .	см	30—50	60—80	80—100
Производительность при одном проходе по одному мосту . . . . .	м <sup>2</sup> /ч	80	180	250
То же, при двух проходах по одному мосту . . . . .	"	50	100	150
Глины				
Глубина уплотнения . . . . .	см	40	40—50	50—70
Производительность при одном проходе . . . . .	м <sup>2</sup> /ч	55	160	220
То же, при двух проходах	"	30	80	100

Таблица 39

**выпускаемых в странах народной демократии**

Марка машин						
SVP12	SVP24	BSD 31,5 (рис. 31)	BSD63	GSD 12,5	Ц-2000	ИНЧЕРК
Карбюраторный	Двигатель внутреннего сгорания		Карбюраторный	Двигатель внутреннего сгорания	Электрический или внутреннего сгорания	
—	—	—	—	—	—	—
4	6	6,5	13	4	5,5	9
3500	3300	3000	3000	3100	1800	3000
3500	3500	2400	1800	3480	3100	3000
—	—	—	—	—	—	—
1200	2400	3150	6300	2200	2000	—
130	170	1130	1400	230	—	600
1080	1300	3500	3500	1600	2700	2190
755	1045	1450	1600	350	946	1370
940	940	1400	1400	895	965	110
Завод строительных машин ГДР					Народное предприятие ЧССР	Завод тяжелого оборудования РНР

## Технические характеристики виброуплотнителей фирмы «ABG»

Показатели	Единица измерения	Марка вибрационной плиты					
		PV	PV	SPV	PV-2	GV	GSV
Размер плиты	мм	400 × 400	600 × 600	500 × 500	660 × 620	260 × 400	500 × 500
Мощность мотора . . . . .	л.с.	2,5	2,5	6	6	2,5	4
Число колебаний в минуту . . . . .	—	3600	3600	3000	3300	3600	3300
Вес катка, производительность которого эквивалентна работе виброплиты . . . . .	т	2—3	2,5—4	2,5—4	3—4	2,5—4	2,5—4

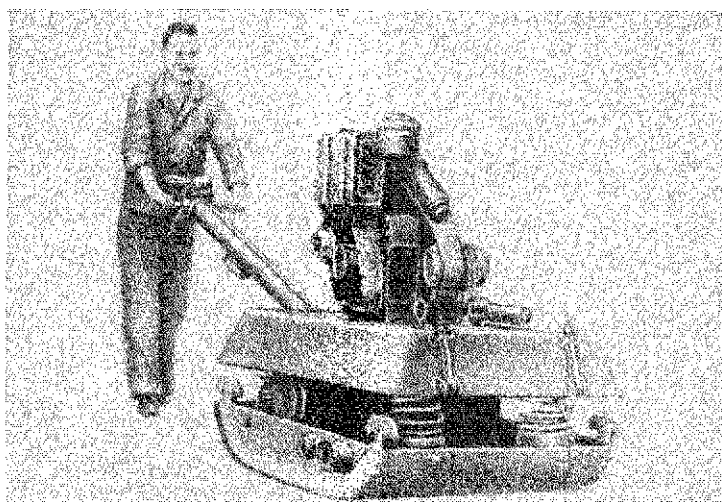


Рис. 31. Виброуплотнитель BSD 31,5

Завод «Вакер» (ФРГ) изготавливает серию портативных трамбовок со встроенными двухтактными двигателями воздушного охлаждения, более легкими, чем существующие электротрамбовки. Эти трамбовки в рабочем состоянии весят 20, 50 и 150 кг и оборудованы соответ-

ственно двигателями мощностью 1,1; 1,1 и 4,5 л. с. с регулируемым числом ударов 450/650, 430/470 в минуту.

**Виброуплотнители.** Вибрационные машины за рубежом получили большое распространение.

Ниже, в табл. 39 приводятся технические характеристики виброуплотнителей, выпускаемых в странах народной демократии.

В ФРГ фирмой «АВГ» выпускаются легкие виброуплотнители с бензиновыми двигателями, техническая характеристика которых приводится в табл. 40.

Фирма «Бон унд Келлер» (ФРГ) выпускает вибрационный уплотнитель весом 1,7 т и размером рабочей площадки 1×1 м, предназначенный для уплотнения наклонных поверхностей с уклоном до 25% без снижения производительности.

Фирмой «Лозенгаузен» (ФРГ) выпускаются вибрационные машины системы «Вибромакс», характеристика которых приводится в табл. 41.

Таблица 41

Техническая характеристика вибромашин системы «Вибромакс»

Показатели	Единица измерения	Марка машин		
		АТ-5000	АТ-1000	АТ-400
Сила удара . . . . .	кг	5000	1000	400
Число колебаний в минуту . . . . .	—	700—1200	2500	2500
Поверхность вибрирующей плиты . . . . .	см <sup>2</sup>	10 000	2500	1000
Удельная нагрузка . . . . .	кгс/см <sup>2</sup>	0,15	0,056	0,04
Вес . . . . .	кг	1480	144	40

В США фирмой «Джексон» выпускается портативная самоходная вибрационная машина с электрическим приводом (глубина уплотнения 20—25 см, производительность 220 м<sup>2</sup>/ч).

Итальянская фирма «Симеза» выпускает самопередвигающиеся плиты, техническая характеристика которых приводится в табл. 42.

В ФРГ для уплотнения галечных и скальных дробленых грунтов, отсыпаемых слоями 1,5—2,5 м на объектах с узким фронтом работ, применяются подвесные

Техническая характеристика вибрационных плит фирмы  
«Симеза»

Показатели	Единица измерения	Марка плит	
		VS-6	VS-8
Размер плиты . . . . .	мм	600×850	1000×1650
Возмущающая сила . . . .	кг	4000	10 000
Число колебаний в минуту	—	1500	1 500
Мощность двигателя . . . .	л.с.	6	16
Вес . . . . .	кг	850	2000

вибраторы типа «Мамут» фирмы «Келлер». Вибратор состоит из стального цилиндрического корпуса, собранного из отдельных звеньев, внутри которого расположены электродвигатель и вертикальный вал с дебалансом. К низшему звену корпуса прикрепляется решетчатая вибрирующая площадка разных размеров и формы, мощность электродвигателя 56 л. с., скорость вращения вала 3000 об/мин, общий вес вибратора 2 т (в случае недостаточности такого веса вибратор можно догрузить до 18—20 т).

Для тех же целей фирма «Лозенгаузен» изготовила поверхностный вибратор 7 т типа «Вибромакс» марки КР-1500 с направленной вертикально возмущающей силой до 20 000 кг при частоте до 2000 кол/мин. По данным фирмы вибратор КР-1500 уплотняет грунт на глубину до 2 м.

Обе машины подвешиваются на крюке крана, который переносит их с места на место и опускает на уплотняемую поверхность.

За рубежом для уплотнения грунта также применяются глубинные вибраторы с одновременным нагнетанием воды (виброфлотация).

**Комбинированные грунтоуплотняющие машины.** За рубежом для уплотнения грунтов наряду с катками, трамбовками и виброплитами применяются машины комбинированного воздействия на грунт: вибротрамбовочные, сочетающие в себе действие удара и вибрации; виброкатки, сочетающие укатку и вибрацию машины, совмещающие отдельные строительные операции с укаткой грунта (грейдер-грунтоуплотнитель и т. д.).

В табл. 43 и 44 приводятся технические характеристики самоходных и прицепных вибрационных катков, выпускаемых в странах народной демократии.

Таблица 43

Самоходные вибрационные катки, выпускаемые в странах народной демократии

Показатели	Единица измерения	Марки машин			
		VVSL-1	ВДВП-2,6	VVS-2A	ЗЗ06
Вес катка . . . . .	т	2—2,5	2,6	4,3	0,65
Диаметр валцов	мм	720	600 и 750	900	600
Ширина вальца:					
переднего . .	»	1000	800	1060	800
заднего . . .	»	800	1000	1060	—
Удельное давление на валец:					
передний . . .	кгс/см	8—15	—	—	—
задний . . .	»	16—25	—	—	—
Частота колебаний в минуту . . . . .	—	2500—3500	3600	1800—2400	4500
Центробежная сила . . . . .	кгс	3000	3750	4000	1750
Мощность двигателя . . . . .	л.с.	13	18	18	6
Габаритные размеры:					
длина . . . . .	мм	29 700	2660	3806	2240
ширина . . . .	»	1150	1250	1350	1035
высота . . . . .	»	1480	1760	2370	1300
Изготовитель . . . .	—	ЧССР	ПНР	ЧССР	ПНР

Таблица 44

Прицепные вибрационные катки с металлическими вальцами, выпускаемые в странах народной демократии

Показатели	Единица измерения	Марка машин	
		SVAW-25	ВНВ-0,6
Вес катка . . . . .	т	3,9	0,6
Приводной двигатель . . . . .	—	Дизельный	Дизельный
Номинальная мощность . . . . .	л.с.	27,5	5
Число оборотов в минуту . . . . .	—	1500	2000
Центробежная сила . . . . .	т	—	1,75



Показатели	Единица измерения	Парка машин	
		SVAW-25	ВНВ-0,6
Число колебаний в минуту . . .	—	1200—2000	4500
Габаритные размеры: . . . . .			
длина . . . . .	мм	3940	2240
ширина . . . . .	"	1800	1055
высота . . . . .	"	1600	1300
Изготовитель . . . . .	—	ФЭБ, завод строитель- ных машин, ГДР	Фабрика тех- нического оборудова- ния, ПНР

В Чехословакии изготавливается прицельной вибрационный каток на пневмоколесном ходу марки VVP1 (рис. 32).

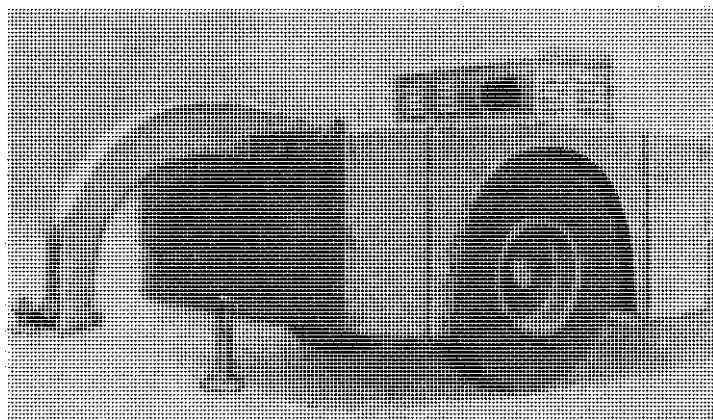


Рис. 32. Вибрационный каток на пневмоколесном ходу VVP1

#### Техническая характеристика вибрационного катка VVP1

Вес машины:	
без груза . . . . .	7 т
с грузом . . . . .	12 »
Количество пневмомашин . . . . .	4 шт.
Размеры пневмомашин . . . . .	14,00—24 дюйма
Центробежная сила . . . . .	17 т
Число колебаний в минуту . . . . .	700—1400
Мощность приводного двигателя . . . . .	60 л. с.
Габаритные размеры:	
длина . . . . .	4590 мм
ширина . . . . .	520 »
высота . . . . .	2110 »

Фирма Рише на французской выставке в Москве демонстрировала виброкаток V-685.

#### Техническая характеристика виброкатка V-685

Радиус разворота . . . . .	4,9 м
Ширина уплотняемой полосы . . . . .	1,2 »
Мощность двигателя . . . . .	25 л. с.
Общий вес без балласта . . . . .	3930 кг
В том числе: . . . . .	
на ведомый валец . . . . .	1430 »
» вибрационный валец . . . . .	2500 »

Машина имеет двухпозиционное сиденье (подвешенное на пружинах), что создает хорошую обзорность при производстве работ.

В табл. 45 и 46 приводятся технические характеристики самоходных и прицепных виброкатков, выпускаемых различными фирмами ФРГ.

Таблица 45

#### Техническая характеристика прицепных виброкатков с одним гладким металлическим вальцом, выпускаемых в ФРГ

Тип	Фирма или завод-изготовитель	Мощность двигателя в л. с.	Характеристика вибратора		Вес катка в т	Размеры вальца в мм	
			частота колебаний в кол/мин	Возмущающая сила в т		диаметр	длина
WWV-500	„Веллер“	—	—	50	4	—	—
—	„Веллер“	8	4500	10—20	1,5	760	2210
AW-15	„АБГ“	15	3000	15	—	—	1500
AW-25	„АБГ“	25	1600—2000	15—25	2,9	1100	1400

Американская фирма «Вибро-Плис-Продуктс Вудсайд» (Нью-Йорк) выпустила прицепной вибрационный каток СН-30 весом 3 т с диаметром вальца 1,2 м. На раме катка укреплен дизель 25 л. с., который вращает в противоположные направления два стальных шара, расположенных внутри цилиндра катка. Частота вибрации 1400—1600 кол/мин, возмущающая сила 7 т.

Фирма «Стохерт и Питт Лимитед» выпускает вибрационные катки оригинальной конструкции, небольшого веса и легкие в управлении для мелких работ. Оси и цапфы катка соединены специальными плавающими ре-

## Техническая характеристика самодельных вертолетов в ФРГ

[illegible]



зиновыми опорами, что предохраняет корпус катка от вибрации.

Американская фирма «Седар-Рэпидс» начала выпуск прицепных катков на пневмоколесном ходу весом 12, 16 и 30 т, снабженных вибраторами с вертикальной возмущающей силой, которые приводятся от отдельных двигателей, монтируемых на рамах катков.

Итальянская фирма «Симеза» изготавливает трехвальцовый двухосный самоходный виброкаток с оригинальной системой привода и амортизацией. Особенностью этого катка является привод ведущего вальца катка при помощи пневморезиновых колес диаметром около 300—350 мм и давлением в шинах 2—3 ат.

Колеса жестко сидят на приводном валу, который вращается клиноременной передачей от шкива промежуточного вала. Указанные колеса расположены наверху в два ряда по длине вальца и прижимаются к нему нажимной рамкой; благодаря возникающей силе трения валец получает вращение. Такой привод вибровальца обеспечивает движение катка на уклонах до 15%. Пневмоколеса являются не только средством привода, но также опорными амортизаторами. Почти весь вес катка, за исключением веса вальца, передается через пневмоколеса.

Канадской фирмой разработана новая конструкция прицепного катка, на раме которого установлен вибратор, приводимый в движение двигателем внутреннего сгорания мощностью 40 л. с. Вес катка составляет 4,5 т, возмущающая сила вибратора 7,5—10,5 т, частота 1100—1300 кол/мин, максимальная амплитуда колебаний 6,3 мм. Для изоляции рамы катка от вибрации применяются специальные устройства.

В Лондоне на выставке дорожно-строительных машин в конце 1962 г. был показан прицепной кулачковый виброкаток «Вибролл 72» фирмы «Стокхерт и Питт Лимитед».

Этот каток предназначен для уплотнения связных грунтов. К цилиндрическому корпусу вальца приварено 108 уплотняющих кулачков особой конструкции, расположенных в девять рядов по окружности вальца. Пустотелые кулачки, отлитые из стали, обеспечивают наиболее эффективное уплотнение грунта и вместе с тем легко извлекаются из него. В промежутки между рядами кулачков входят скребки для удаления нали-

нающего грунта. На катке установлен четырехцилиндровый дизель с водяным охлаждением мощностью 57 л. с. при 2250 об/мин. Вращение на вибрационный механизм сообщается через автоматическую центробежную муфту сцепления. Ширина кулачкового вальца 1,83 м, вес около 5 т.

Многочисленность и многообразие типоразмеров вибрационных катков свидетельствует о рациональности их применения. Их применение взамен обычной статической укатки обуславливает уменьшение расхода металла для изготовления грунтоуплотняющих машин, уменьшение для них установочных мощностей двигателей и сокращение расхода горючего в эксплуатации.

По данным американской фирмы «Седар-Рэпидс» каток на пневмоколесном ходу с вибратором за два прохода обеспечивает такое уплотнение, которое возможно получить за 16 переходов по одному месту катком того же веса, но без вибратора.

Из машин, сочетающих одновременно работу различных типов катков или выполняющих комплекс строительных операций, в том числе уплотнение грунта, заслуживают внимания следующие.

Комбинированный каток марки WVV-200/ДМ2 (ФРГ), состоящий из двух основных частей: прицепного виброкатка и статического одноосного двухвальцового катка, соединенных жестким вертикальным шкворнем.

Виброкаток изготовлен с самостоятельным двигателем. Одноосный каток является также тягачом для виброкатка.

Комбинированный каток является весьма маневренной машиной. Взаимные повороты тяговой и прицепной частей легко осуществляются и на месте.

Фирма «Симон-Гентисон» (США) изготавливает грунтоуплотнитель «Дау-Рэктор», который состоит из кулачкового катка и катка на пневмоколесном ходу. Передний валец машины, представляющий кулачковый каток, по желанию снимается, и тогда грунтоуплотнитель непосредственно прицепляется к трактору. Машина может быть также оборудована вибратором. В целях наилучшего учета различных грунтовых характеристик пневмоколеса могут заменяться гладкими металлическими, вибрационными или кулачковыми вальцами.

Фирма «Симон-Гентисон» (США) выпустила полу-прицепной каток, буксируемый одноосным тягачом. Поверхность уплотняется пневматическими шинами и специальными стальными цилиндрическими вальцами, расположенными впереди пневмоколес катка. Общий вес катка без балласта 6,63 т, с балластом 11,52 т.

Конструкция балластного ящика в качестве балласта допускает использование воды. Вес катка можно увеличить частичным заполнением пневмошин водой. Воду, залитую в балластный ящик, можно использовать также для увлажнения уплотняемого грунта.

Американская фирма «Голчон» выпускает двухосные трехвальцовые моторные катки модели «Ролл-С-Матик», оборудованные электрическими виброуплотнителями «Джексон». Уплотнитель имеет три стальных, оборудованных электровибраторами плиты шириной по 660 мм каждая. Плиты подвешены с задней стороны катка. В нерабочем положении уплотнитель поднимается над поверхностью грунта гидроподъемником, управляемым с места водителя. Необходимая электроэнергия для работы виброуплотнителя вырабатывается генера-

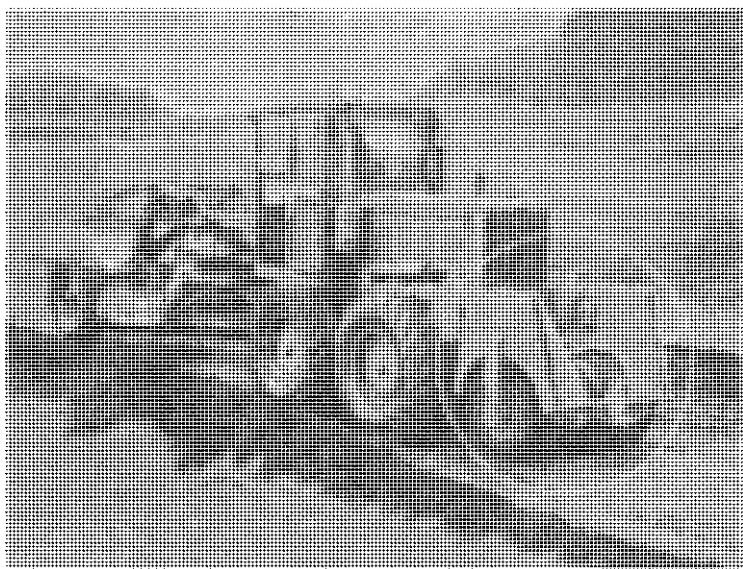


Рис. 33. Грейдер-грунтоуплотнитель

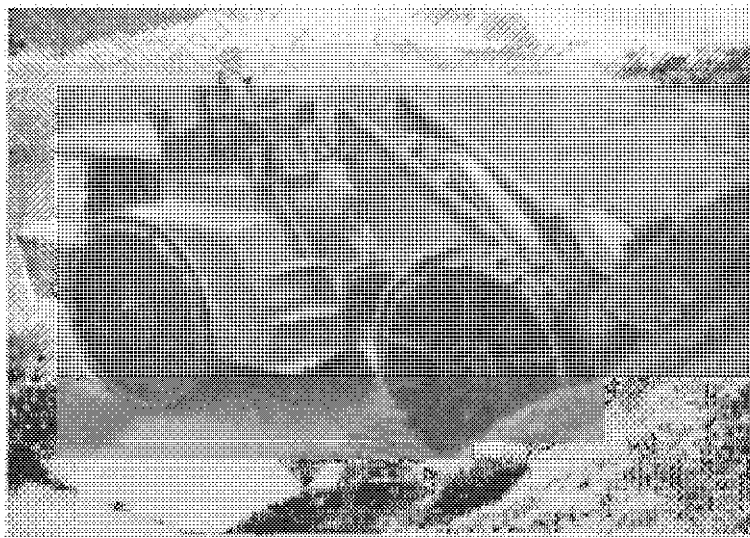


Рис. 34. Погрузчик-грунтоуплотнитель

тором, приводимым в действие от отдельного двигателя внутреннего сгорания. Генератор вместе с двигателем установлен сбоку рамы катка.

Фирма «Мидленд» (США) выпускает машину грейдер-грунтоуплотнитель (рис. 33). Эта машина имеет сменное оборудование в виде катка из шести пневмоколес, который прикрепляется к раме машины. Вес грейдера-грунтоуплотнителя 9,2 т. Давление на каток передается от двух гидравлических цилиндров, при этом на каждое колесо передается давление в размере 614 кг.

Фирма «Миксермобиль» (США) изготавливает погрузчик-грунтоуплотнитель (рис. 34). Эта машина с вращающимся ковшом емкостью 2,3 м<sup>3</sup> имеет четыре металлических колеса диаметром по 160 см и шириной 60 см, причем каждое из колес является ведущим и управляемым. Вес машины равномерно распределяется по колесам. Металлические колеса могут быть по желанию заменены пневматическими.

В 1963 г. на выставке строительного и дорожного оборудования в Чикаго фирма Хайстер демонстрировала девять катков на пневмоколесном ходу модели



С-500-А. Наполнение камер колес и изменение в них давления производится из кабины машиниста во время хода. Каток имеет независимое вертикальное колебание колес (высота колебания колеса составляет 10 см) и водоразбрызгивательную систему. Каждое колесо имеет свой предохранительный воздушный клапан. Водная система давления работает от резервуара и также управляется машинистом из кабины машины.

Фирма Литлфорд на той же выставке показала самоходные катки на пневмоколесном ходу весом 25 и 35 т, модель 9-25. Каток имеет девять колес, величина давления в шинах регулируется во время работы. Оси колес могут передвигаться; нажатием клапана задние и передние колеса включаются «по следу».

---

## Глава третья

# ВЫБОР СПОСОБОВ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ И ГРУНТОУПЛОТНЯЮЩИХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ

### § 1. Общая часть

Основные положения и принципы подбора машин при разработке схем комплексной механизации были опубликованы в работах «Производство траншейных работ» (изд. 1954 г.) и «Комплексная механизация земляных работ» (изд. 1956 г.).

За прошедший период времени НИИОМТПом и различными организациями была проведена работа по дальнейшему совершенствованию способов подбора и комплектования машин в механизированные колонны.

Прежде чем перейти к отбору способов и механизированных средств для уплотнения грунтов, необходимо определить объемы, которые должны включаться в комплекс работ по возведению насыпей.

Отдельные операции строительного процесса в зависимости от назначения земляного сооружения должны быть правильно отнесены к выемке и насыпи. Так, при разработке котлована с вывозкой грунта в отвал выемка имеет основное назначение, а насыпь — второстепенное. Насыпь, возводимая из карьера, приобретает уже основное назначение, а выемка — наоборот, второстепенное назначение. Таким образом, в первом случае все операции строительного процесса должны быть отнесены к выемке, а во втором случае — к насыпи.

При перемещении грунта из полезной выемки в полезную насыпь транспорт организационно и технологически связан и с выемкой и с насыпью.

Однако транспортирование грунта в большей степени тяготеет к выемке, а не к насыпи. Поэтому его следует относить к выемке, а работы по насыпи должны складываться из приема грунта, его разравнивания, ув-

лажнения (если это предусматривается проектом производства работ) и уплотнения.

Ниже рассматриваются только насыпи с нормируемой плотностью, т. е. требующие искусственного уплотнения грунта, сопротивляющиеся фильтрации воды, предупреждающие вредные и неравномерные осадки сооружения, устойчивые в условиях их эксплуатации. На этих насыпях после их уплотнения можно возводить фундаменты и устраивать дорожные покрытия.

## **§ 2. Методика выбора способов и механизированных грунтоуплотняющих средств**

**Технологические и технико-экономические показатели.** После определения объема и характера грунтоуплотнительных работ, сроков строительства и местных особенностей производства работ составляется перечень основных способов и механизированных средств уплотнения грунтов. В этот перечень могут быть включены следующие средства, выпускаемые серийно и в виде опытных образцов.

Способ уплотнения грунтов укаткой

1. Прицепные кулачковые катки Д-130Б в сцепе из 2 шт.
2. Прицепной кулачковый каток Д-130Б.
3. Прицепной кулачковый каток Д-220.
4. Самоходный каток с гладкими металлическими вальцами Д-211Б.
5. Самоходный каток с гладкими металлическими вальцами Д-399А.
6. Самоходный каток с гладкими металлическими вальцами Д-400.
7. Самоходный каток на пневмоколесном ходу Д-365.
8. Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-326.
9. Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-263.
10. Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-219.
11. Прицепной каток на пневмоколесном ходу ДСК-1.
12. Полуприцепной каток на пневмоколесном ходу Д-551.

Способ уплотнения грунта трамбованием

13. Трамбующая плита на экскаваторе весом 2 т.
14. Трамбующая машина Д-471Б.

15. Дизельтрамбовочная машина ЦНИИС.
16. Пневматическая трамбовка Тр-1.
17. Пневматическая трамбовка И-157.
18. Электрическая трамбовка С-690.
19. Электрическая трамбовка И-132.

#### Способ уплотнения грунта вибрированием

20. Гидровиброуплотнитель С-629.
21. Самопередвигающаяся виброплита Д-368Б.
22. Виброплита прицепная Д-491.

#### Комбинированный способ уплотнения грунта

23. Самоходный виброкаток с гладкими вальцами Д-317Б.
24. Самоходный виброкаток с гладкими вальцами Д-484.
25. Самоходный виброкаток с гладкими вальцами Д-455.
26. Виброкаток с гладким вальцом, прицепной Д-480.
27. Виброкаток с гладкими вальцами, прицепной Д-613.
28. Виброкаток с гладкими вальцами, прицепной Д-603.
29. Виброкаток с гладкими вальцами, прицепной ПВК-25.
30. Гидровиброуплотнитель                      грунтозасыпатель НИИОМТП.
31. Скрепер-каток НИИОМТП.

При определении эффективности способов и механизированных грунтоуплотняющих средств необходимо руководствоваться следующими технологическими и технико-экономическими показателями.

1. Стоймость уплотненного грунта.
2. Производительность грунтоуплотняющей машины или механизированного комплекса.
3. Выработка одного рабочего на механизированном уплотнении.
4. Энергоемкость.
5. Металлоемкость.
6. Возможность совмещения строительных операций в единый комплекс.

7. Степень уплотнения грунта машинами в зависимости от его грунтовой характеристики.

8. Ширина и длина уплотняемой полосы, характеризующие степень стесненности условий производства работ.

9. Толщина уплотняемого слоя в зависимости от грунтовой характеристики и заданной проектом плотности грунта.

10. Интенсивность производства работ.

11. Эксплуатационная надежность грунтоуплотняющих механизированных средств.

12. Степень универсальности грунтоуплотняющих механизированных средств.

Все перечисленные показатели разбиваются на две группы. Показатели первой группы являются основными и учитываются по каждой выбираемой машине. Во вторую группу включаются показатели, которые уточняют, насколько возможно и целесообразно применить машину для данных конкретных условий производства работ.

К показателям первой группы, влияющим на выбор способов и механизированных средств для уплотнения грунтов, относится стоимость уплотнения кубического метра грунта в рублях, производительность механизированного комплекса в  $\text{м}^3/\text{смену}$ , выработка одного рабочего на механизированном уплотнении в  $\text{м}^3/\text{смену}$ , энергоемкость единицы продукции в  $\text{квт}/\text{м}^3$  или  $\text{л. с.}/\text{м}^3$ , металлоемкость единицы продукции в  $\text{т}/\text{м}^3$  и совмещение уплотнения грунта с другими операциями строительного процесса.

Производительность механизированных средств определяется по следующим формулам:

для катков, вибрационных и трамбующих машин

$$П = \frac{7000 h (B - b) V_{\text{ср}} K_{\text{в}}}{n}; \quad (37)$$

для трамбующих плит

$$П = \frac{420 h n_1 (B - b)^2 K_{\text{в}}}{n}; \quad (38)$$

для механических трамбовок

$$П = \frac{420 h l (D - b) K_{\text{в}}}{n}, \quad (39)$$

где  $П$  — производительность в  $\text{м}^3/\text{смену}$ ;

$h$  — толщина уплотняемого слоя грунта в м;

$B$  — ширина уплотняемой полосы в м;

$b$  — ширина перекрытия смежных полос при уплотнении в м;

$V_{cp}$  — средняя скорость перемещения грунтоуплотняющих механизированных средств в км/ч;

$K_n$  — коэффициент использования времени смены;

$n$  — заданное число проходов (ударов) по одному месту;

$n_1$  — число ударов в минуту;

$D$  — диаметр подошвы трамбовки в м;

$l$  — продвижение за один прыжок в м/мин.

Трудоемкость, энергоемкость и металлоемкость определяются по следующим формулам:

$$B = \frac{P}{n} ; \quad (40)$$

$$\mathcal{E} = \frac{N}{P} ; \quad (41)$$

$$M = \frac{T}{P} , \quad (42)$$

где  $B$  — выработка на одного рабочего в м<sup>3</sup>/смену;

$n$  — количество рабочих, обслуживающих машину;

$\mathcal{E}$  — энергоемкость 1 м<sup>3</sup> грунта в квт/м<sup>3</sup> или л. с./м<sup>3</sup>;

$N$  — мощность установки в л. с. или квт;

$M$  — металлоемкость 1 м<sup>3</sup> грунта в т/м<sup>3</sup>;

$T$  — вес машины в т;

$P$  — производительность грунтоуплотняющей машины в м<sup>3</sup>/смену.

При использовании метода сравнения вариантов, наиболее экономичным будет тот, который дает наименьший показатель стоимости уплотнения 1 м<sup>3</sup> грунта.

Стоимость уплотнения 1 м<sup>3</sup> грунта определяется из стоимости машино-смены грунтоуплотняющей машины, взятой из прейскуранта, или выводится расчетным путем.

Совмещать уплотнение грунта с другими операциями в единый комплекс рекомендуется:

а) при разработке грунта экскаваторами с погрузкой в автосамосвалы и последующим перемещением в насыпь с нормируемой плотностью;

б) при разработке грунта экскаваторами с погрузкой в землевозные прицепы с последующим перемещением в насыпь с нормируемой плотностью;

в) при разработке грунта скреперами с последующим перемещением и разгрузкой на насыпи;

г) при разработке грунта бульдозером с последующим перемещением в насыпь.

Учитывая, что применение машин типа скрепер-каток исключает при определенных условиях работу грунтоуплотняющих средств, стоимость, металлоемкость, энергоемкость и затраты труда этих средств по уплотнению будут прямой экономией при применении комбинированного способа уплотнения грунтов.

Вышеприведенные положения по производству работ рекомендуются в том случае, если заданная проектом сооружения плотность грунта достигается работой данным комплексом машин.

В табл. 47 дается сокращенный перечень грунтоуплотняющих машин, порядковое размещение которых ориентировочно характеризует степень эффективности их применения (по стоимости уплотнения) на грунтоуплотнительных работах.

Таблица 47

Степень эффективности применения грунтоуплотняющих механизированных средств

Порядковый номер по степени эффективности применения механизированных средств	Грунтоуплотняющие средства	Порядковый номер по степени эффективности применения механизированных средств	Грунтоуплотняющие средства
1	Скрепер-каток НИИОМТП	14	Самоходный вибрационный каток Д-484
2	Автосамосвал-каток НИИОМТП	15	Самоходный каток с гладкими вальцами Д-211
3 и 4	Трамбующая машина Д-471	16	Самоходный каток с гладкими вальцами Д-399
	Дизель-трамбующая машина ЦНИИС	17	Самоходный каток с гладкими вальцами Д-400
5	Прицепной кулачковый каток Д-220	18	Трамбующая плита 2 т на экскаваторе
6	Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-326	19 и 20	Гидроуплотнитель НИИОМТП
7	Прицепной кулачковый каток Д-130Б в сцепе из двух штук		Гидроуплотнитель С-629

Порядковый номер по степени эффективности применения механизированных средств	Грунтоуплотняющие средства	Порядковый номер по степени эффективности применения механизированных средств	Грунтоуплотняющие средства
8	Самоходный вибрационный каток Д-3176		
9 и 10	Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-263	21	Пневматическая трамбовка М-157
11	Прицепной кулачковый каток Д-130Б	22	Пневматическая трамбовка Тр-1
12	Самоходный каток на пневмоколесном ходу Д-365		
13	Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-219		
13	Прицепной вибрационный каток Д-480		

В табл. 48 приводятся осредненные значения основных показателей по грунтоуплотняющим машинам.

Таблица 48

## Осредненные значения показателей первой группы

Способ уплотнения грунтов и грунтоуплотняющие механизированные средства	Проводимость в м <sup>2</sup> /смену (ориентировочно)	Выработка на 1 рабочую в м <sup>3</sup> /смену	Энергоемкость 1 м <sup>3</sup> грунта в л.с./м <sup>3</sup>	Металлоскорость 1 м <sup>3</sup> грунта в т/м	Стоимость уплотнения 10 м <sup>3</sup> грунта в руб.
<b>А Уплотнение грунтов укаткой</b>					
Прицепные кулачковые катки Д-130Б/5 т в сцепе из 2 шт. . . . .	580	580	0,14	0,03	0,27
Прицепной кулачковый каток Д-130Б . . . . .	460	460	0,12	0,02	0,33
Прицепной кулачковый каток Д-220 (30 т) . . . . .	1510	1510	0,09	0,02	0,14
Моторный каток Д-211Б (10 т) . . . . .	190	190	0,21	0,05	0,7



Способ уплотнения грунтов и грунто- уплотняющие механизированные средства		Производительность в м <sup>3</sup> /смену (ориенти- ровочно)	Выработка на 1 ра- бочего в м <sup>3</sup> /смену	Энергоемкость 1 м <sup>3</sup> грунта в л.с./м <sup>3</sup>	Металлоемкость 1 м <sup>3</sup> грунта в т/м	Стоимость уплотне- ния 10 м <sup>3</sup> грунта в руб.
12	Моторный каток Д-399А (9 т) . . . . .	200	200	0,2	0,04	0,72
15	Моторный каток Д-400 (11 т) . . . . .	210	210	0,14	0,05	0,75
	Каток на пневмоколесном хо- ду, самоходный Д-365 (17,5 т) . . . . .	450	450	0,22	0,02	0,36
	Каток на пневмоколесном хо- ду, прицепной Д-326 (45 т) . . . . .	700	700	0,2	0,04	0,33
	Каток на пневмоколесном хо- ду, прицепной Д-263 (25 т) . . . . .	530	530	0,15	0,03	0,35
	Каток на пневмоколесном хо- ду, прицепной Д-219 (10 т) . . . . .	360	360	0,15	0,02	0,34
<b>Б. Уплотнение грунтов трамбованием</b>						
	Трамбующая плита весом 2 т на экскаваторе . . . . .	220	220	0,36	0,1	1,25
	Трамбующая машина Д-471 Дизель - трамбовочная машина ЦНИИС . . . . .	2200	2200	0,04	0,01	0,09
	Пневматическая трамбовка Тр-1 . . . . .	45	35	0,1	—	0,07
	Пневматическая трамбовка И-157 . . . . .	90	69	0,2	—	0,98
<b>В. Уплотнение грунта вибрированием</b>						
	Гидровиброуплотнитель С-629 (на автокране К-51) . . . . .	320	64	0,4	0,05	2,42
<b>Г. Комбинированный способ уплотнения грунтов</b>						
	Виброкаток Д-317Б . . . . .	460	460	0,03	0,01	0,19
	Виброкаток Д-484 . . . . .	230	230	0,03	0,01	0,26
	Виброкаток Д-480 . . . . .	285	285	0,03	0,04	0,48
	Гидровиброуплотнитель НИИОМТП . . . . .	160	80	0,50	0,09	2,3
	Скрепер-каток НИИОМТП . . . . .	400	400	0,20	0,02	0,64

Примечание. Значения показателей по скреперу-катку относятся к грунту, разрабатываемому, транспортируемому и укладываемому в насыпь. В связи с тем что операция по уплотнению грунта совмещается с операцией приема и укладки грунта, показатели по уплотнению имеют нулевое значение.

К показателям второй группы относятся грунтовая характеристика, ширина и длина уплотняемой полосы, толщина уплотняемого слоя грунта, интенсивность производства работ.

Уплотняемые грунты разбиваются на связные (супесь, суглинок, глина) и несвязные грунты (песок). Принимается, что грунты являются однородными по зерновому составу, уплотняются при оптимальной влажности до плотности 0,95 максимальной стандартной плотности.

Значение показателя — ширина уплотняемой полосы, определяется габаритами грунтоуплотняющих механизированных средств, схемами их движения и условиями безопасного производства работ. Принимаются две основные схемы движения машин: кольцевая и челночная. Значения рассматриваемого показателя приводятся в табл. 49.

Таблица 49

Ширина уплотняемой полосы (наименьшая)

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Ширина в м	
	определяемая габаритами машин	наименьшая
Скрепер-каток НИИОМТП . . . . .	2,99	4
Прицепной кулачковый каток Д-220 . . . . .	3,2	20
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-326 . . . . .	3,9	20
Прицепной кулачковый каток Д-130Б в сцепе из 2 шт. . . . .	3,6	15
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-236 . . . . .	3,25	15
Прицепной кулачковый каток Д-130Б в сцепе с одним катком . . . . .	1,85	15
Прицепной каток на пневматическом ходу Д-219 . . . . .	2,2	15
Прицепной вибрационный каток Д-480 . . . . .	1,4	15
Трамбующая машина Д-471 . . . . .	2,5	3,5
Дизель-трамбовочная машина ЦНИИС . . . . .	2,83	4
Трамбующая плита на экскаваторе 2 т . . . . .	2,53	3
Гидровиброуплотнитель-засыпатель НИИОМТП . . . . .	2,5	3
Гидровиброуплотнитель С-629 . . . . .	3,0	3,5
Пневматическая трамбовка: И-157 . . . . .	0,5	1,5
Тр-1 . . . . .	0,1	1
Самходный вибрационный каток Д-317Б . . . . .	1,28	2,0

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Ширина в м	
	определяемая габаритами машин	наименьшая
Самоходный каток на пневмоколесном ходу Д-365 . . . . .	2,6	3,5
Самоходный вибрационный каток Д-484 . . . . .	0,73	2,0
Самоходный каток с гладкими вальцами:		
Д-211 . . . . .	1,82	2,5
Д-399 . . . . .	1,9	2,5
Д-400 . . . . .	1,9	2,5

Длина уплотняемой полосы влияет на выбор механизированных средств только в отношении наименьших размеров, так как удлинение полосы облегчает организацию работ и технологически не ограничивает возможности применения любых машин. Наименьшая длина уплотняемой полосы различными грунтоуплотняющими машинами определяется по формулам (43)—(46), результаты расчетов приведены в табл. 50.

Таблица 50

Длина уплотняемой полосы (наименьшая) в м

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Наименьшая длина полосы, определяемая по формулам (43)—(46)
Скрепер-каток НИИОМТП . . . . .	100
Прицепной кулачковый каток Д-220 . . . . .	200
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-326 . . . . .	200
Прицепной кулачковый каток Д-130 в сцепе на 2 шт. . . . .	120
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-263 . . . . .	120
Прицепной кулачковый каток Д-130Б в сцепе с одним катком . . . . .	100
Прицепной вибрационный каток Д-480 . . . . .	100
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-219 . . . . .	100
Трамбующая машина Д-471 . . . . .	50
Дизель-трамбовочная машина ЦНИИС . . . . .	50
Пневматическая трамбовка:	
Д-157 . . . . .	8
Тр-1 . . . . .	8
Самоходный вибрационный каток Д-317Б . . . . .	50
Самоходный каток на пневмоколесном ходу Д-365 . . . . .	50
Самоходный вибрационный каток Д-484 . . . . .	50

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Наименьшая длина полосы, определяемая по формулам (43) — (46)
Самоходный каток с гладкими металлическими вальцами:	
Д-211 . . . . .	50
Д-399 . . . . .	50
Д-400 . . . . .	50
Трамбующая плита на экскаваторе . . . . .	24
Гидровиброуплотнитель НИИОМТП . . . . .	8
Гидроуплотнитель С-629 . . . . .	94

Расчет производится по следующим формулам:

а) для прицепных катков

$$l = \frac{\pi R}{0,2}; \quad (43)$$

б) для трамбующих машин и механических трамбовок

$$l = \frac{t_n V}{0,2}; \quad (44)$$

в) для самоходных катков

$$l = \frac{t_n V}{0,2}; \quad (45)$$

г) для трамбующих плит и гидровиброуплотнителей

$$l = \frac{l_0 K_0}{0,2}, \quad (46)$$

где  $l$  — наименьшая длина уплотняемой полосы в м;

$R$  — радиус поворота уплотняющей машины, принимаемый от 2,5 до 12,5 м;

$t_n$  — время, затрачиваемое на поворот, принимаемое до 0,25 мин;

$V$  — скорость движения уплотняющей машины, принимаемая от 4 до 60 м/мин;

$l_0$  — длина «мертвого» участка уплотняемой полосы, принимаемая для механизированных средств от 2 м до 7 м;

$K_0$  — отношение скорости передвижения машины по уплотняемой полосе к ее скорости на длине «мертвого» участка принимается для машин от 0,7 до 0,9.

Примечание. Наименьшая длина уплотняемой полосы для скрепера-катка принимается равной произведению длины полосы, на которой производится разгрузка и разравнивание грунта, на требуемое количество проходов машины по одному следу.

Толщина уплотняемого слоя грунта. При выборе грунтоуплотняющих механизированных средств представляет интерес наибольшая толщина уплотняемого слоя грунта, так как с увеличением слоя грунта упрощается организация и производство работ, сокращается объем работ по разравниванию грунта и снижаются условия промораживания грунта в зимнее время.

Наибольшая толщина уплотняемого слоя приводится в табл. 51 для связных и несвязных грунтов при их оптимальной влажности, из расчета, что грунты уплотняются в пределах плотности, равной 0,95 максимальной стандартной.

Таблица 51  
Наибольшая толщина уплотняемого слоя

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Толщина уплотняемого слоя в м	
	связный грунт	несвязный грунт
Скрепер-каток НИИОМТП . . . . .	0,15—0,2	0,2 —0,25
Трамбующая машина Д-471 . . . . .	0,6 —0,7	0,8 —1
Дизель-трамбовочная машина ЦНИИС . . . . .	0,6 —0,7	0,8 —1
Прицепной кулачковый каток Д-220 . . . . .	0,5	—
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-326 . . . . .	0,35—0,4	0,45—0,5
Прицепной кулачковый каток Д-130Б . . . . .	0,15—0,2	—
Самоходный вибрационный каток Д-317Б . . . . .	—	0,45
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-263 (25 т) . . . . .	0,30—0,35	0,35—0,4
Самоходный каток на пневмоколесном ходу Д-365 . . . . .	0,25	0,3
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-219 . . . . .	0,15—0,2	0,2—0,25
Прицепной виброкаток Д-480 . . . . .	—	0,4
Самоходный виброкаток Д-484 . . . . .	"	0,2
Самоходный каток с гладкими вальцами:		
Д-211Б . . . . .	0,15	—
Д-399А . . . . .	0,15	—
Д-400 . . . . .	0,15	—
Трамбующая плита весом 2 т на экскаваторе, высота падения 2 м . . . . .	0,8 —0,9	1—1,1
Гидровиброуплотнитель НИИОМТП . . . . .	—	2
Гидровиброуплотнитель С-629 . . . . .	—	5
Пневматическая трамбовка И-157 . . . . .	0,2	0,2
Пневматическая трамбовка Тр-1 . . . . .	0,15	0,15

Наиболее устойчивый объем грунтоуплотнительных работ (интенсивность производства работ) определяется из календарного графика производства работ и должен быть несколько больше производительности грунтоуплотняющей машины, иначе она будет недостаточно использована.

Интенсивность производства работ определяется по формуле

$$U = ПМК \text{ тыс. м}^3, \quad (47)$$

где  $П$  — производительность уплотняющей машины в  $\text{м}^3/\text{смену}$ ;

$К$  — коэффициент использования машины в течение месяца;

$М$  — число смен в месяц; при работе в одну и две смены соответственно принимается равным 25 и 50.

Значения наименьшей интенсивности производства грунтоуплотнительных работ приведены в табл. 52.

Таблица 52

**Интенсивность производства работ грунтоуплотняющих механизированных средств**

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Производительность в $\text{м}^3/\text{см}$	Коэффициент использования машины	Месячная интенсивность в тыс. $\text{м}^3$	
			при работе в одну смену	при работе в две смены
Трамбующая машина Д-471	2200	0,8	44	88
Дизель-трамбующая машина ЦНИИСа . . . . .	2200	0,8	44	88
Прицепной кулачковый каток Д-220 . . . . .	1510	0,7	26	53
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-326 . .	700	0,8	14	28
Прицепной кулачковый каток Д-130Б в сцепе из 2 шт.	580	0,7	10	20
Самоходный вибрационный каток Д-317Б . . . . .	460	0,7	8	16
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-263 . .	530	0,8	11	21
Прицепной кулачковый каток Д-130Б, в сцепе с одним катком . . . . .	460	0,7	8	16
Самоходный каток на пневмоколесном ходу Д-365 . .	460	0,8	9	18
Прицепной каток на пневмоколесном ходу Д-219 . .	360	0,8	7	14

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Производительность в м <sup>3</sup> /см	Коэффициент использования машины	Месячная интенсивность в тыс. м <sup>3</sup>	
			при работе на одну смену	при работе в две смены
Прицепной виброкаток Д-480	285	0,8	6	12
Самоходный виброкаток Д-484	230	0,8	5	10
Самоходный каток с гладкими вальцами Д-211 . . . .	190	0,6	3	6
Самоходный каток с гладкими вальцами Д-399 . . . .	200	0,6	3	6
Самоходный каток с гладкими вальцами Д-400 . . . .	210	0,6	3	6
Трамбующая плита весом 2 т на экскаваторе . . . .	220	0,8	4	8
Гидровиброуплотнитель-засыпатель НИИОМТП . .	160	0,7	3	6
Гидроуплотнитель С-629 . .	320	0,7	6	12
Пневматическая трамбовка И-157 . . . . .	90	0,8	2	4
Пневматическая трамбовка Тр-1 . . . . .	45	0,8	1	2

Значения по всем показателям второй группы приведены в табл. 53.

Примеры выбора способов и механизированных средств для уплотнения грунтов (в нижеследующих таблицах знак «плюс» указывает на возможность применения машины, а знак «минус» — наоборот).

1. Возводимая насыпь характеризуется следующими данными:

грунт . . . . .	Суглинок
наименьшая ширина уплотняемой полосы насыпи . . . . .	20 м
наименьшая длина уплотненной полосы	50 м
толщина уплотняемого слоя грунта . . . .	Не менее 0,5 м
месячная интенсивность работ . . . .	Не менее 50 тыс. м <sup>3</sup>

Из табл. 53 с учетом данных табл. 47 и 48 выбираем необходимые показатели и систематизируем их в табл. 54 отбора механизированных средств.

Из табл. 54 видно, что для данных условий производства работ целесообразны будут трамбующие машины Д-471 и ЦНИИС.

Осредненные значения показателей второй группы

Показатели качества воды	Усредненные значения показателей				Коэффициент корреляции	Коэффициент регрессии	Коэффициент детерминации
	Водопроницаемость	Водоносность	Водоотдача	Водоудерживающая способность			
Средняя температура воды	15-16	15	15	15	0,9	0,81	0,81
Водопроницаемость	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоносность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоотдача	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоудерживающая способность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Средняя температура воды	15-16	15	15	15	0,9	0,81	0,81
Водопроницаемость	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоносность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоотдача	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоудерживающая способность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Средняя температура воды	15-16	15	15	15	0,9	0,81	0,81
Водопроницаемость	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоносность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоотдача	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоудерживающая способность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Средняя температура воды	15-16	15	15	15	0,9	0,81	0,81
Водопроницаемость	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоносность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоотдача	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоудерживающая способность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Средняя температура воды	15-16	15	15	15	0,9	0,81	0,81
Водопроницаемость	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоносность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоотдача	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоудерживающая способность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Средняя температура воды	15-16	15	15	15	0,9	0,81	0,81
Водопроницаемость	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоносность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоотдача	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81
Водоудерживающая способность	16-17	16	16	16	0,9	0,81	0,81



Отбор механизированных средств к первому примеру

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Показатели				
	возможность уплотнения грунта в данном при- мере	наименьшая ши- рина уплотняе- мой полосы	наименьшая дли- на уплотняемой полосы	наибольшая тол- щина уплотняе- мой полосы	наименьшая ин- тенсивность работ
Скрепер-каток . . . . .	+	+	—	—	+
Трамбующая машина Д-471 . . . . .	+	+	+	+	+
Дизель-трамбовочная машина ЦНИИС . . . . .	+	+	+	+	+
Прицепной кулачковый каток Д-220 . . . . .	+	+	—	+	+
Прицепной каток на пневмоколес- ном ходу Д-326 . . . . .	+	+	—	—	+

2. Работы ведутся в сложных грунтовых условиях, т. е. на одном и том же объекте приходится уплотнять и связные и несвязные грунты.

Наименьшая ширина уплотняемых полос . . . . . 5 м  
 » длина » » . . . . . 100 »  
 Толщина уплотняемого слоя грунта . . . . . 0,10—0,15 м  
 Месячная интенсивность работ . . . . . Не менее  
 50 тыс. м<sup>3</sup>

Желательно, чтобы машина была универсальной.

Из табл. 53 с учетом данных табл. 47 и 48 выбираем необходимые показатели, характеризующие вышеперечисленные условия возведения насыпи, и составляем табл. 55 отбора механизированных средств.

Из табл. 55 видно, что для данных условий производства работ наиболее целесообразной машиной будет скрепер-каток НИИОМТП.

3. Возводимая насыпь характеризуется следующими данными:

грунт . . . . . Песок  
 наименьшая ширина уплотняемой по-  
 лосы . . . . . 3 м  
 наименьшая длина уплотняемой полосы . . . . . 10 »  
 толщина уплотняемой полосы . . . . . 1,5 »  
 месячная интенсивность работ . . . . . Не менее 10 тыс. м<sup>3</sup>

Отбор механизированных средств к второму примеру

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Показатели				
	возможность уплотнения грунта в данном при- мере	наименьшая ши- рина уплотняе- мой полосы	наименьшая дли- на уплотняемой полосы	наибольшая тол- щина уплотняе- мой полосы	наименьшая ин- тенсивность работ
Скрепер-каток . . . . .	+	+	+	+	+
Трамбующая машина Д-471 . . . .	+	+	+	+	+
Дизель-трамбовочная машина ЦНИИС . . . . .	+	+	+	+	+
Прицепной каток на пневмокопес- ном ходу Д-326 . . . . .	+	—	—	+	+
Самоходный виброкаток Д-317Б . . .	+	+	+	+	+

Из табл. 53 с учетом данных табл. 47 и 48 выбираем необходимые показатели, характеризующие вышеперечисленные условия возведения насыпи, и составляем табл. 56 отбора механизированных средств.

Таблица 56

Отбор механизированных средств к третьему примеру

Грунтоуплотняющие механизированные средства	Показатели				
	возможность уп- лотнения грунта в данном при- мере	наименьшая ши- рина уплотняе- мой полосы	наименьшая дли- на уплотняемой полосы	наибольшая тол- щина уплотняе- мой полосы	наименьшая ин- тенсивность работ
Трамбующая машина Д-471 . . . .	+	—	—	—	+
Трамбующая плита весом 2 т на экскаваторе . . . . .	+	+	—	—	+
Гидровиброуплотнитель НННМТП . . . . .	+	+	+	+	+
Гидровиброуплотнитель С-629 . . .	+	—	—	+	+

Из табл. 56 видно, что для данных условий производ-ства работ наиболее целесообразной машиной будет гидровиброуплотнитель НННМТП.

После произведенного отбора наиболее эффективных грунтоуплотняющих механизированных средств в примерах 1, 2 и 3 необходимо уточнить технико-экономические показатели и технологические характеристики машин в зависимости от степени однородности грунта, нормы его плотности, заданной в проекте сооружения, отклонения влажности грунта от его оптимальной влажности, а также эксплуатационной надежности и универсальности машины.

В тех случаях когда требуется устранить просадочные свойства грунта, выбор одного из способов или их сочетания производится с учетом возможной величины просадки основания и назначения проектируемого здания или сооружения.

### **§ 3. Комплектование грунтоуплотняющих механизированных средств вспомогательным оборудованием**

В механизации работ по возведению насыпей комплексность приобретает исключительно важное значение и должна решаться в следующем порядке: а) комплектование механизированного процесса основными машинами и б) оснащение основных машин вспомогательным оборудованием.

В комплексной механизации по возведению качественных насыпей основными механизированными средствами следует считать грунтоуплотняющие машины. Остальные механизированные средства по разравниванию и увлажнению грунта, установке и разборке креплений нужно отнести к вспомогательным.

Для разравнивания и планировки грунта применяются бульдозеры, прицепные грейдеры и автогрейдеры. При работе скрепера-катка эти операции совмещаются при отсыпке и уплотнении грунта.

Для послойного разравнивания грунта наиболее широкое применение получили бульдозеры, дающие высокие технико-экономические показатели — большую производительность и выработку на одного рабочего, малую металлоемкость и энергоемкость на 1 м<sup>3</sup> грунта.

Разравнивание грунта в насыпи при челночной схеме движения машины следует производить бульдозером, осуществляя в прямом направлении срезку бугров и засыпку впадин, а в обратном направлении — выгла-

живание слоя тыльной стороной ножа, опущенного на грунт.

Разравнивание грунта в насыпи при кольцевой схеме движения машины следует производить по схеме, приведенной на рис. 35. Все проходы бульдозера, кроме пятого, выполняются передним ходом трактора на первой передаче, пятый проход следует делать задним ходом трактора на второй передаче для заглаживания валика грунта, образовавшегося на оси насыпи после гребного и четвертого проходов

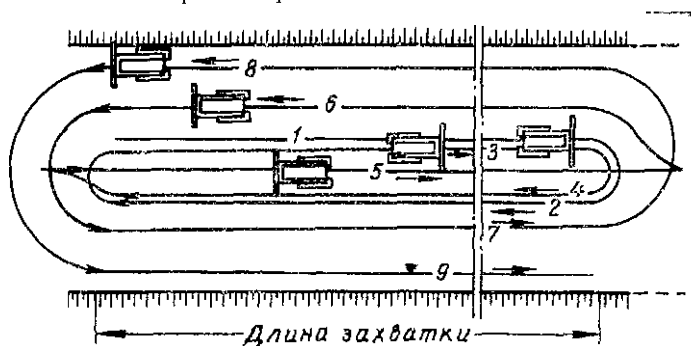


Рис 35. Послойное разравнивание грунта бульдозером

На участках длиной примерно до 50 м производительность бульдозера по разравниванию грунта существенно снижается, а на участках длиной более 100 м ее можно считать до некоторой степени величиной постоянной.

При разравнивании с одновременным перемещением грунта одними и теми же механизированными средствами возможны различные технологические приемы, связанные с характером выгрузки грунта из транспортных средств

Грунт может разгружаться транспортными средствами сплошной отсыпью или отдельными полосами с таким расчетом, чтобы разрывы, образовавшиеся между ними, можно было заполнить грунтом в процессе его срезки и разравнивания до требуемой толщины. При втором способе выгрузки грунта, производительность бульдозера по отношению к первому способу увеличивается в несколько раз.

Срезка и разравнивание грунта в этом случае мо-

жет осуществляться в зависимости от характера отсыпки отдельных полос в направлении, перпендикулярном или параллельном продольной оси возводимой насыпи.

Отсыпка полос по длине насыпи более выгодна, чем отсыпка полос по ее ширине, так как в первом случае уменьшается объем работ по разравниванию грунта.

Прицепные грейдеры и автогрейдеры применяются на разравнивании грунта значительно реже, чем бульдозеры, из-за высокой стоимости их машино-смены и более трудоемкой работы.

Применение грейдеров будет оправдано в тех случаях, когда требуется большая точность в разравнивании слоя грунта с очень малыми допусками отклонений от заданной его толщины, например при таких насыпях, как гравийные и песчаные переходные слои (обратные фильтры) на подурах и рисбермах, укладываемых из промытых и отсортированных материалов.

Производительность прицепного грейдера на разравнивании грунта так же велика, как и производительность бульдозера (один грейдер практически может обслуживать большой парк скреперов или автомашин).

Применение автогрейдера по сравнению с прицепным грейдером может оказаться более эффективным в стесненных условиях при большой длине полосы разравнивания грунта и большом объеме работ.

Увлажнение грунта следует производить, как правило, в выемке (карьере), а не в отсыпаемых насыпях, так как в них трудно получить однородную грунтовую массу.

Увлажнение грунта в выемке (карьер) осуществляется путем подачи воды в специально устраиваемые каналы или на обвалованные дамбочками участки, на которые разбивается вся поверхность выемки. При большой площади выемки для устройства канав могут быть использованы канавоконатели плужного типа, применяемые в сельском хозяйстве на оросительных и осушительных работах.

Количество воды, потребное для замачивания выемки (карьера) с целью повышения влажности грунта, определяется по формуле

$$V = \frac{W_{\text{п}} - W_{\text{к}}}{1 + W_{\text{к}}} \gamma_{\text{об}}, \quad (48)$$

где  $V$  — количество воды в  $\text{м}^3$ , расходуемое для замачивания  $1 \text{ м}^3$  грунта;

$W_{\text{н}}$  — влажность грунта, назначаемая на 2—3% выше оптимальной из расчета просачивания влаги за пределы намечаемой выемки и ее испарения при транспортировании и укладке грунта в сооружение;

$W_{\text{к}}$  — влажность грунта в выемке;

$\gamma_{\text{об}}$  — вес 1 м<sup>3</sup> влажного грунта в т.

**Пример.** Допустим, что влажность грунта в карьере 10%,  $W_{\text{к}} = 0,1$ , оптимальная влажность 18% ( $W_{\text{н}} = 0,18 + 0,02 = 0,2$ ) и объемный вес грунта  $\gamma_{\text{об}} = 1,7$  т.

Количество воды для увлажнения грунта составило

$$V = \frac{0,2 - 0,1}{1 + 0,1} 1,7 = 0,19 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ м}^3 \text{ грунта.}$$

При увлажнении грунта перед его укаткой могут быть использованы поливочные автомашины, их техническая характеристика приводится в табл. 57.

Таблица 57

Техническая характеристика поливочных автомашин

Показатели	Единица измерения	Марка машин	
		ПМ-6*	ПМ-8
Емкость цистерны . . . . .	л	4000	6000
Тип насоса . . . . .	—	ЗИС-5	ЗИЛ-164
„ насоса . . . . .	—	Центробежный	Одноступенчатый
Разбрызгивающий аппарат . . . .	—	Щелевые сопла	Полноточные насадки
Вес машины (без воды) . . . . .	кг	4100	5400
Нагрузка на ось:			
переднюю . . . . .	„	1550	2000
заднюю . . . . .	„	2500	3400
Габаритные размеры:			
длина . . . . .	мм	6770	6800
ширина . . . . .	„	2180	2400
высота . . . . .	„	2160	2200
Время наполнения цистерны . . .	мин	5,4	—
„ опорожнения „ . . . .	„	7,5	—

\* Поливочная машина ПМ-6 в настоящее время серийно не выпускается

Увлажнение грунта в отсыпаемой насыпи осуществляется в следующей технологической последовательности.

Перед отсыпкой последующего слоя грунта производится разрыхление корки уплотненного слоя. Затем эту разрыхленную поверхность грунта поливают водой с расходом  $\frac{1}{3}$  общего количества, необходимого для увлажнения полностью отсыпанного очередного слоя грунта. На подготовленной поверхности производится отсыпка грунта заданной толщины, его разравнивание, а затем полив водой. Дополнительный полив производится после того, как вода впитается в грунт, и в тех случаях, когда необходимость в этом мероприятии установлена грунтовой лабораторией.

Уплотнение увлажненного грунта следует производить только после равномерного распределения влаги по высоте слоя грунта, что достигается выстаиванием его в течение некоторого времени в зависимости от его фильтрационных свойств.

Учитывая, что связные грунты в переувлажненном состоянии не могут быть доведены до высокой плотности и весьма затрудняют уплотнение, следует принять меры против переувлажнения грунта искусственным увлажнением и атмосферными осадками.

Такими мероприятиями по борьбе с переувлажнением связных грунтов атмосферными водами могут быть:

а) устройство нагорных и водоотводящих канав для осушения карьера;

б) немедленное уплотнение слоя грунта после его подготовки;

в) укрытие брезентом при малой площади уплотняемого слоя;

г) регулирование размеров участков с учетом климатических условий (число дней с осадками и количество осадков).

В районах с засушливым климатом необходимо проводить мероприятия по удержанию влаги и ее накоплению снегозадержанием и искусственным намораживанием льда.

Уплотнение грунта в траншеях после прокладки подземных коммуникаций осложняется наличием креплений.

Установка креплений в траншеях при прокладке подземных коммуникаций в тесных и узких местах, по городским проездам и на действующих предприятиях, когда территория, необходимая для производства работ, должна занимать как можно меньше места.

В стесненных условиях производства работ, когда требуется послойное уплотнение грунта в траншеях, рекомендуется применять инвентарные крепления НИИОМС (предложение М. К. Неклюдова).

Инварные траншейные крепления НИИОМС (рис. 36) состоят из сборно-раздвижных распорных рам, монтируемых из отдельных металлических секций и инвентарных щитов ограждения (см. «Альбом инвентарных креплений», Госстройиздат, 1963).

Распорные рамы опускаются в траншею при помощи крана или вручную с временного настила. Для настила могут быть использованы инвентарные щиты ограждения.

В траншею одновременно опускают две металлические рамы, на расстоянии 2 м одна от другой, сдвинутые на ширину несколько меньшую, чем ширина траншеи. Устойчивость металлических рам обеспечивается металлическими монтажными стержнями.

Спуск щитов ограждения в зазоры, образовавшиеся между сборно-раздвижными распорными рамами и стенками траншеи, производится с поверхности земли поочередно с одной и другой стороны траншеи.

Затем в траншею под защитой уже установленного крепления спускается рабочий для раздвижки поперечины-распорки до полного прижатия щитов-ограждений к грунтовым стенкам.

Раздвижка и закрепление распорных рам достигаются путем вращения до отказа упорных гаек на поперечинах-распорах.

Разборка креплений осуществляется в такой последовательности.

После того как трубопровод будет уложен на дно траншеи, подбит грунтом и произведена засыпка до уровня первой снизу поперечины-распорки, вращают гайку и тем самым ослабляют поперечину, а нижнюю секцию отсоединяют от распорной рамы снятием болтов, крепящих отдельные секции между собой. После этого нижнюю секцию распорной рамы и щиты-ограждения извлекают из траншеи на поверхность земли, а грунт тщательно уплотняют. После этого процесс разборки креплений и уплотнения слоя грунта повторяется.

В тех случаях когда не требуются послойные засыпки и уплотнение грунта, крепления из траншеи извлекаются сразу, для чего они должны предварительно





монтироваться из отдельных блоков, состоящих из двух распорных рам и щитов-ограждений, которые при помощи специальных приспособлений крепятся к металлическим трубам распорных рам.

Такой способ извлечения креплений может быть применен и при послойной засыпке и послойном уплотнении грунта, но в этом случае обязательно нужно иметь автомобильный кран.

Применение креплений системы НИИОМС обеспечивает скорость закрепления стенок траншей, соответствующую производительности траншейных экскаваторов.

Крепления системы НИИОМС могут наращиваться по высоте, что дает возможность применять их при устройстве траншей различной глубины.

#### **§ 4. Направленность в области дальнейшего совершенствования грунтоуплотняющих механизированных средств**

В течение 1959—1965 гг. создано много новых образцов машин. Переход от прицепных землеройных машин к высокопроизводительным самоходным и навесным машинам на базе колесных тягачей и мощных тракторов, широкое внедрение автоматизации управления машинами — основное направление технического прогресса в области землеройной техники.

Технический прогресс в области технологии производства работ характеризуется всемерным облегчением условий труда, снижением расхода энергоресурсов на 1 м<sup>3</sup> грунта, также металла и денежных средств и, в конечном итоге, повышением производительности труда.

Уплотнение грунтов получило значительное применение не только в гидротехническом строительстве и на строительстве автомобильных и железных дорог, но и в других отраслях народного хозяйства. В настоящее время уплотнение применяется при вертикальной планировке территории застройки, при устройстве грунтовых подсыпок под полы зданий, засыпке траншей при прокладке подземных коммуникаций, засыпке пазух между откосами котлована и фундаментами при подготовке оснований под здания и сооружения, возводимых на неоднородных грунтах и на водонасыщенных слабых грунтах, а также как мероприятие по борьбе с фильтра-

цией воды из временных и постоянных оросительных канав.

Главным для решения задач технического прогресса производства земляных работ в области механизации уплотнения грунтов должно быть увеличение производительности грунтоуплотняющих машин и степени уплотнения и глубины проработки грунта, автоматизация уплотнения грунта; применение электрического и гидравлического приводов вибраторов и трамбовок, пневматических шин больших размеров и с регулируемым давлением воздуха; установка гидромеханических передач на самоходных машинах и снижение металлоемкости катков; применение комбинированных грунтоуплотняющих машин; улучшение условий работы обслуживающего персонала; создание удобных кабин управления с хорошим обзором работ; применение телевизионных установок и т. д.

В области катков должны быть созданы усовершенствованные самоходные, прицепные и полуприцепные катки с гладкими, решетчатыми, пластинчатыми и кулачковыми вальцами (одновальцовые и со вдвоенными вальцами) и на пневмоколесном ходу с приборами для автоматического определения качества и степени уплотнения грунта.

В ряде катков должна предусматриваться возможность быстрой замены одних типов вальцов другими, а также увлажнение грунта и его разравнивание в процессе производства работ. Кроме того, необходимо предусмотреть возможность изменения площади соприкосновения кулачков с грунтом в процессе его уплотнения.

В катках на пневматическом ходу необходимо предусматривать возможность регулирования давления воздуха в шинах, что позволит постепенно, по мере уплотнения, повышать удельные давления на поверхности контакта шины с грунтом и будет способствовать получению прочной структуры.

Следует указать на целесообразность применения бывших в употреблении авиационных шин. Дорожное управление Министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог Латвийской ССР изготовило опытные катки и скреперы-катки с применением авиационных шин. При испытании этих машин были выявлены преимущества авиационных шин по сравнению с аналогичными автомобильными, применяемыми на дорожно-строительных машинах: авиационные шины по сравне-

нию с обычными допускают значительно большее давление воздуха (до 14 ат). Это дает возможность с большей эффективностью уплотнять грунты (на 20—25%), повысить толщину уплотняемого слоя и, следовательно, производительность. Опыт показывает, что срок службы этих шин, несмотря на то что они уже ранее использовались на самолетах, практически не ниже срока службы новых автомобильных шин. Эти обстоятельства указывают на полную целесообразность использования авиационных шин и, следовательно, на наличие значительных резервов резины, которая может быть использована для катков.

Должны быть созданы машины ударного действия, уплотняющие связные и несвязные грунты на глубину до 3 м, а также способные работать в стесненных условиях и узких местах производства работ.

Эти машины, так же как и катки, должны быть оснащены приборами для автоматического определения качества и степени уплотнения грунта.

Необходима модернизация трамбующей машины Д-471, а также создание новых более совершенных моделей. При этом следует учесть, что одним из существенных недостатков трамбующих машин является значительный вес их рабочих органов, который необходимо снизить за счет придания им начальной скорости при падении.

Необходимы самоходные машины вибрационного действия на колесном ходу, а также уплотняющие грунт на глубину до 2 м. Нужны машины, работающие на принципе гидровиброуплотнения и пульсационного воздействия.

Необходимы комбинированные грунтоуплотняющие машины, и в том числе грунтоуплотняющие камбайны.

К числу их относятся:

а) самоходные и прицепные скреперы, автосамосвалы, землевозы, оборудованные сменными приспособлениями, для работ по схеме скрепер-каток, автосамосвал-каток и землевоз-каток;

б) серия машин, сочетающих грунтоувлажнение и укатку, засыпку и уплотнение грунта;

г) машины, создающие одновременно ударное, вибрационное и статическое воздействие на грунт (с различными грунтоуплотняющими рабочими поверхностями), пульсационные установки, а также машины с вибрационно-стержневой конструкцией.

Одновременно на грунтоуплотняющих работах необходимо максимально использовать имеющуюся в распоряжении строителей землеройную технику.

Для механизированного уплотнения грунтов в настоящее время могут быть использованы свайные вибропогружатели, устанавливаемые на стальную площадку и жестко скрепляемые с ней простейшими приспособлениями. Конструкция плиты в зависимости от ее размеров, а также от устройства наголовника вибропогружателя, может быть принята различной. В настоящее время получила распространение конструкция сварной плиты в виде стального листа, усиленная ребрами. Вибропогружатель с плитой перемещают по уплотненному грунту на прицепе к трактору, либо с помощью крана.

Применение вибропогружателей для уплотнения несвязных грунтов может найти широкое применение как для уплотнения больших по площади массивов грунта, так и для уплотнения грунта в котлованах, траншеях и т. п. сооружениях.

---

---

## Глава четвертая

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРУНТОУПЛОТНИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

### § 1. Общая часть

Способы и порядок производства земляных работ оказывают большое влияние на их качество и устойчивость сооружения. При этом должно уделяться особенное внимание уплотнению грунтов с обязательной отсыпкой их слоями заданной толщины.

Производство работ по уплотнению грунтов желательно приурочить к такому периоду времени, когда естественная влажность грунта приближается к оптимальной.

В противном случае уплотнить грунт трудно и даже не всегда возможно.

В районах с большим переувлажнением грунтов наиболее благоприятным временем для производства работ является вторая половина лета и часть осени до начала интенсивных дождей.

В засушливых районах работы следует предусматривать в конце весны и в первой половине лета (с использованием влаги тающего снега и весенних осадков).

Грунт надо уплотнять сразу вслед за его отсыпкой, Производительность землеройных и транспортных машин должна соответствовать производительности грунтоуплотняющих машин.

Поверхность земляного сооружения должна быть разделена на участки, на каждом из которых последовательно производятся операции по разгрузке грунта, его разравниванию и уплотнению. Все участки с одинаковыми условиями производства работ должны быть равными по площади.

Для уменьшения избыточной влажности грунт перед уплотнением должен послойно подсушиваться в

естественных условиях. Для ускорения процесса подсушивания грунт, рассыпанный на участке, следует разрыхлять боронованием или перепаживанием. При толщине слоя грунта в рыхлом состоянии 30—40 см подсушивание в условиях жаркой летней погоды требует не менее двух-трех дней.

В условиях недостатка воды и невозможности организации полива уплотняемого грунта для создания оптимальных условий производства работ отсыпку и разравнивание грунта следует производить в возможно кратчайшие сроки, не допуская его высыхания.

Для уплотнения грунтов, влажность которых отличается от оптимальной, следует предусматривать увеличение количества уплотняющих машин.

Обратная засыпка котлованов с уплотнением грунта должна выполняться вслед за окончанием работ по устройству фундаментов и подземных частей сооружений, а засыпка траншей — вслед за прокладкой трубопроводов и других подземных коммуникаций.

При уплотнении грунта в траншеях после засыпки трубопровода следует принять меры против его повреждения.

В местах переездов и пересечений траншей с дорожными покрытиями уплотнение грунта следует выполнять с особой тщательностью.

На участках пересечения с подземными коммуникациями или кабелями, проложенными в траншеях, засыпка последних должна производиться слоями толщиной не более 0,1 м также с тщательным уплотнением.

Отсыпка грунта при его уплотнении должна производиться слоями одинаковой толщины, так как неодинаковые слои вызовут неравномерное уплотнение грунта.

Перед началом уплотнения очередного слоя грунта его необходимо разровнять бульдозером или автогрейдером равным по толщине слоем.

Разравнивание грунта скрепером-катком во время его отсыпки осуществляется ковшом, находящимся на определенной высоте от поверхности уплотненного слоя. Частичное разравнивание грунта на стыках участков, около выездов и съездов осуществляется бульдозерами.

Каждый слой грунта должен быть уплотнен одинаковым количеством проходов или ударов грунтоуплот-

нящего оборудования, что должно непрерывно контролироваться.

Каждый последующий проход грунтоуплотняющей машины по одному и тому же следу не рекомендуется производить до тех пор, пока вся ширина насыпи не будет перекрыта следами предыдущего прохода грунтоуплотняющей машины.

Каждым ходом машины во избежание пропусков в уплотнении необходимо перекрывать предыдущий ход на величину 10—15 см.

Уплотнение свежотсыпанной насыпи следует осуществлять вдоль оси сооружения от края насыпи к середине, во избежание сдвигов грунта в сторону откосов. При сопряжении вновь отсыпаемого участка земляного сооружения с ранее отсыпанными, рыхлый грунт с сопрягаемой поверхностью подлежит срезке с образованием откоса 1:3—1:4 и укладке во вновь отсыпaeмый участок.

В местах примыкания грунта к элементам зданий и сооружений следует учитывать силу воздействия на них грунтоуплотняющего оборудования и производить уплотнение с большой осторожностью на расстоянии, определяемом проектом производства работ.

## **§ 2. Технология уплотнения грунтов катками**

При уплотнении слоя рыхлого грунта, отсыпанного драглайном или грейдер-элеватором, подкатка производится легким катком или катком на пневмоколесном ходу без загрузки его балластом или на пониженном давлении в шинах.

Предварительная подкатка грунта не требуется, если насыпь отсыпается автосамосвалами, тракторными тележками или скреперами.

Катками с гладкими вальцами уплотняются связные грунты, и применение их целесообразно главным образом на завершающей стадии уплотнения верхнего слоя насыпи, являющегося основанием дорожной одежды.

Кулачковые катки рекомендуется применять для уплотнения связных грунтов — глины, суглинков, глинистых грунтов с примесью щебня и гравия, комковатых грунтов.

Применять кулачковые катки для уплотнения песков, сланцеватых глин и сильно увлажненных глинистых грунтов не рекомендуется. Не следует применять кулач-



ковые катки для доуплотнения уже сравнительно плотных грунтов и особенно при недостаточной их влажности. Катками на пневмоколесном ходу обеспечивается более эффективное уплотнение, чем кулачковыми и гладкими катками суглинистых, супесчаных грунтов и влажных глинистых грунтов.

Для работы прицепных катков необходимо подготавливать участок отсыпанного слоя длиной не менее 100—200 м. Увеличение фронта укатки повышает производительность работы прицепных катков. Однако при увеличении длины участка, подготавливаемого под укатку, следует иметь в виду, что в сухую и жаркую погоду грунт интенсивно теряет влажность.

На больших площадях при выполнении работ по вертикальной планировке территории застройки и на

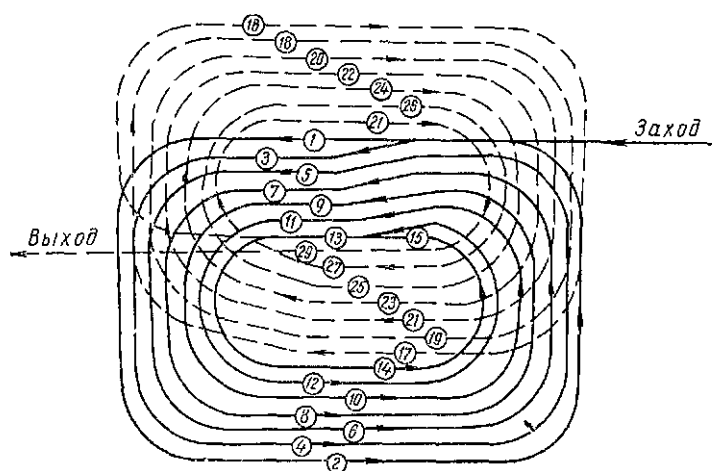


Рис 37. Схема движения катка по замкнутому кругу  
1—29 — последовательность проходов катка

пасынях, где возможны повороты катка, применяется схема движения катков по замкнутому кругу, которая приведена на рис. 37.

На насыпях, где исключается возможность поворота катка и устройство съездов (въездов), должна применяться челночная схема движения. В этом случае трактор в конце участка отцепляется от катка и прицепляется к нему с другой стороны,

Схема движения двух кулачковых катков Д-130Б в сцепе с трактором С-100 приведена на рис. 38.

Катки Д-130Б могут быть сцеплены последовательно или параллельно.

Для предотвращения обрушения откоса и сползания катков под откос (рис. 39) во время их прохода вблизи насыпи, кромка вальца не должна быть ближе 0,3 м от бровки.

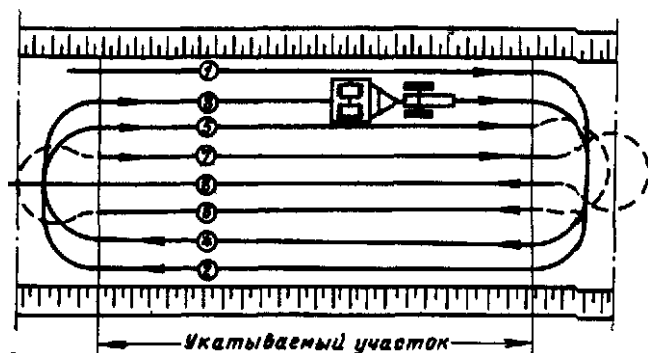


Рис. 38. Схема движения двух кулачковых катков Д-130Б при уплотнении насыпи в сцепе с трактором С-100  
1-8 — последовательность проходов катков

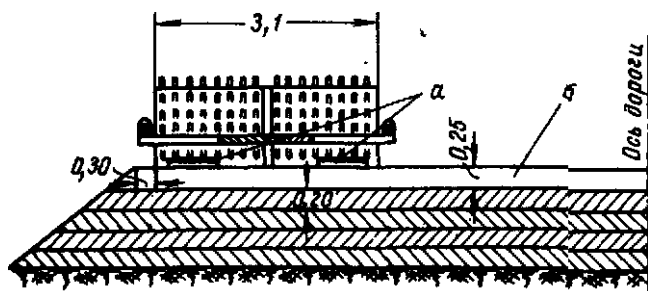


Рис. 39 Уплотнение края насыпи катком Д-130Б в сцепе с трактором С-80 или С-100  
а — гусеницы трактора; б — рыхлый слой грунта

Эффективность уплотнения грунта кулачковыми катками во многом зависит от состояния их очистных приспособлений. В случае уплотнения тяжелых грунтов со значительной влажностью даже при исправном состоя-

нии очистных приспособлений грунт забивается между кулачками. В этих случаях требуется периодическая остановка катков для очистки их от налипшего грунта.

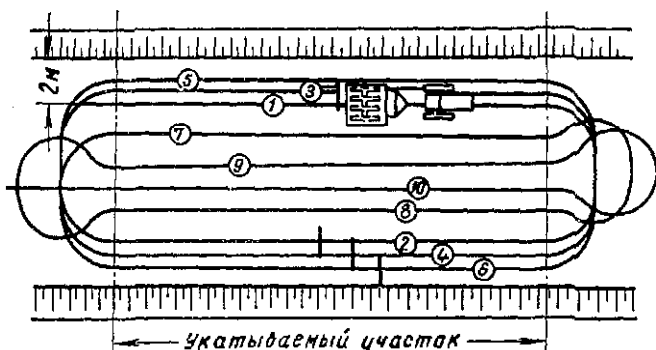


Рис. 40. Схема движения катка Д-263 при уплотнении насыпи

1—10 — последовательность проходов катка

При укатке насыпей шириной более 10 м прицепными катками, кулачковыми и на пневмоколесном ходу

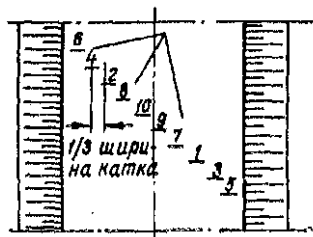
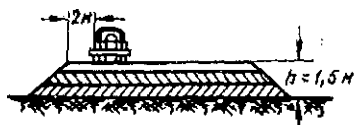


Рис. 41. Схема перекрытия ходов катком на пневмоколесном ходу

1—10 — номера ходов

первый и второй ходы катка следует выполнять на расстоянии 2—2,5 м от бровки насыпи, а затем, смещая ходы на  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  ширины катка в сторону бровки, уплотняют края насыпи. После этого укатку продолжают круговыми проходами от края к середине насыпи с перекрытием каждого прохода на  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  ширины катка (рис. 40 и 41).

Для достижения большей равномерности уплотнения грунта давление в шинах катка на пневмоколесном ходу должно быть одинаковым во всех колесах. Периодическая проверка и

подкачка воздуха в шины должны производиться по манометру. Наиболее равномерное уплотнение грунта обеспечивается секционными катками с независимой подвеской колес.

Рекомендуется следующее давление в шинах катков на пневмоколесном ходу: для песков — 2, супесей — 3—4, суглинков и глин — 5—6 кгс/см<sup>2</sup>.

Повышение давления в шинах при одновременном увеличении их размера позволит повысить эффективность уплотнения по толщине грунтового слоя.

Количество ходов катка на пневмоколесном ходу по одной полосе может быть принято (ориентировочно): 2—3 для песчаных грунтов, 3—4 для супесчаных грунтов и 5—6 для суглинистого и тяжелосуглинистого грунтов.

Уплотнение грунта укаткой должно производиться при рациональном скоростном режиме работы катков.

Скорости движения катка по ходам различны, причем первый и два последних хода совершаются на малых скоростях (2—2,5 км/ч), а все промежуточные ходы — на больших.

При рациональном скоростном режиме первый ход катка обеспечивает лучшую ровность поверхности слоя грунта, которая сохраняется и при последующем уплотнении катками. Кроме того, лучше используется мощность трактора-тягача, так как первый ход требует максимального тягового усилия. Дальнейшие ходы катка производятся при движении трактора на скоростях, установленных в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы и типа тягача (максимальная скорость 8—10 км/ч).

При рациональном скоростном режиме производительность катков увеличивается примерно в 2 раза, а общая стоимость работ сокращается до 50%.

При возведении насыпи из резервов с помощью драглайна работы должны выполняться попеременно на двух смежных захватках. При этом на

одной из захваток отсыпaeмый слой грунта разравнивается бульдозером, а на другой уплотняется грунтоуп-

Таблица 58

Изменение производительности драглайна в зависимости от толщины отсыпaeмого слоя грунта

Толщина отсыпaeмого слоя грунта в м	Изменение производительности драглайна в %
1	100
0,8	99
0,5	97
0,3	89

Примечание. Производительность драглайна при толщине слоя грунта в 1 м принята за 100%.

лотновыми машинами. В качестве примера на рис. 42 приводится схема с применением катка Д-263.

Следует учитывать, что с уменьшением толщины отсыпаемого слоя (принимаемой в зависимости от работающей грунтоуплотняющей машины) снижается производительность драглайна, что иллюстрируется данными, приведенными в табл. 58.

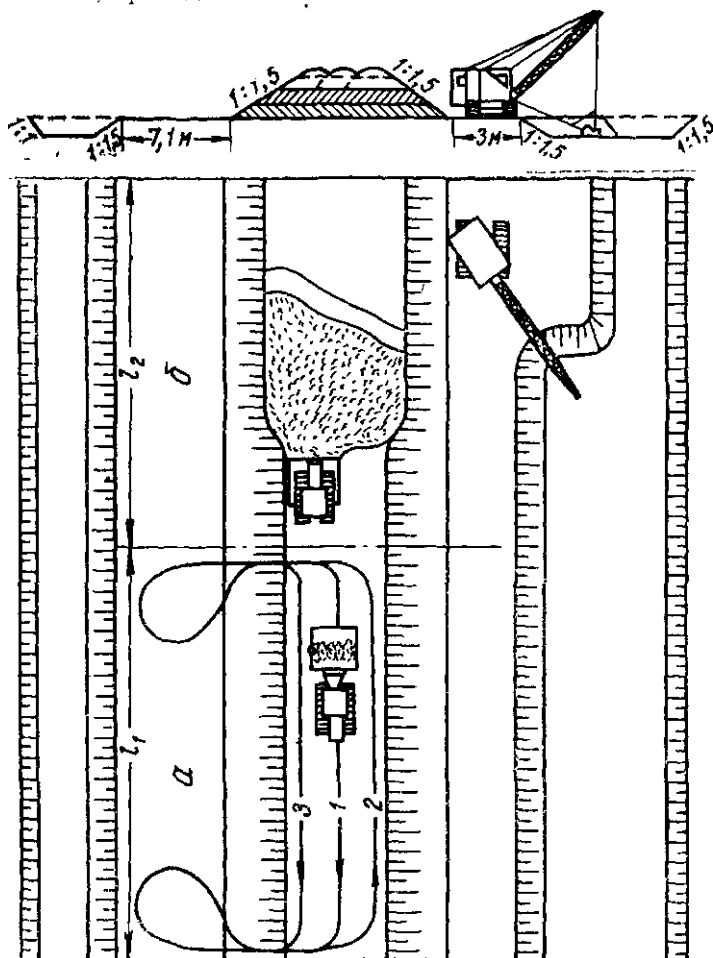


Рис. 42. Схема отсыпки насыпи драглайном из резервов с разравниванием грунта бульдозером и уплотнением катком на пневмоколесном ходу Д-263

а — участок уплотнения слоя грунта; б — участок отсыпки и разравнивания слоя грунта; 1—3 — последовательность проходов катка

Возведение насыпи из резервов бульдозерами следует производить также попеременно на двух смежных захватках. На одной из захваток производят отсыпку слоя грунта с разравниванием, а на другой—уплотнение грунта грунтоуплотняющими машинами. На рис. 43

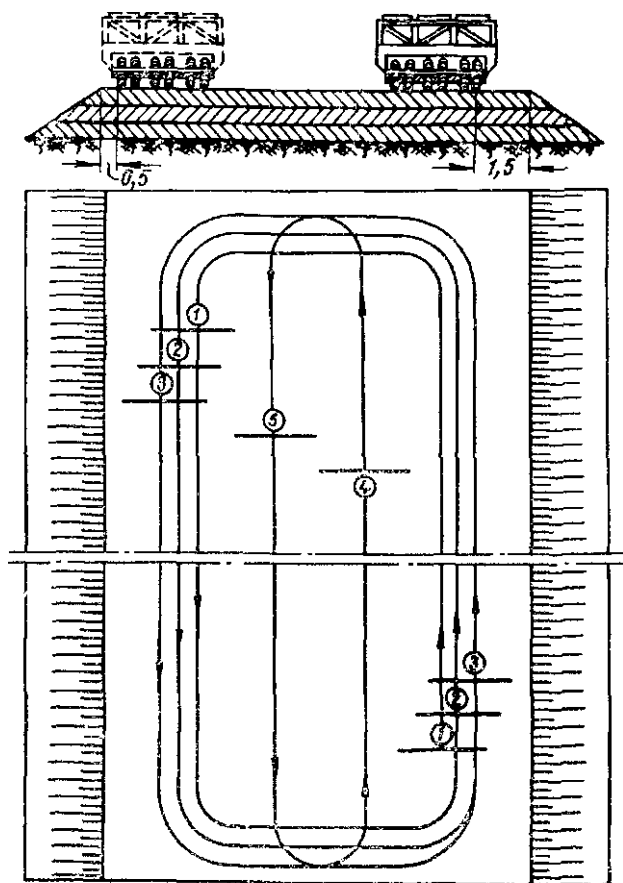


Рис. 43. Схема уплотнения катком Д-263 насыпи, отсыпанной из резервов бульдозером  
1—5 — последовательность проходов катка

как пример приведена схема производства работ с уплотнением грунта катком Д-263.

Насыпь отсыпают захватками длиной 20—25 м.

Во время уплотнения грунта на захватке возле выемки бульдозер перемещает грунт с ее удаленных участков, образуя перед насыпью валы.

При отсыпке насыпей несколькими бульдозерами их работу следует организовать на небольшом фронте так,

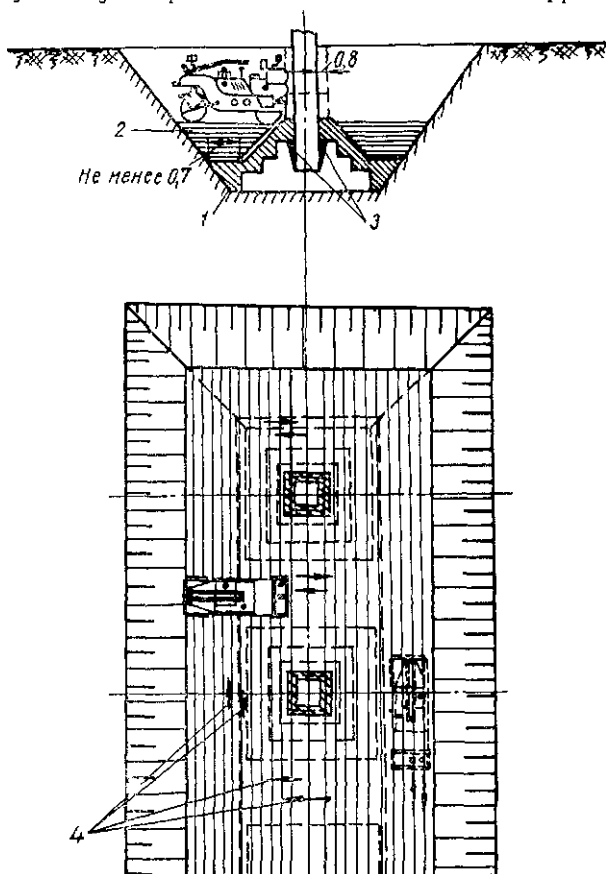


Рис. 44. Уплотнение грунта обратной засыпки катком Д-484

1 — зона уплотнения грунта механической трамбовкой;  
2 — слой грунта, уплотняемый катками; 3 — ось движения катка, 4 — направление движения катка

чтобы уплотнение грунта вести одной грунтоуплотняющей машиной.

Уплотнение грунта обратной засыпки в стесненных условиях следует производить по схеме, указанной на

рис. 44. При этом уплотняемый грунт разравнивается малогабаритным бульдозером Д-347, а в особо стесненных местах — вручную.

Грунт вначале уплотняется трамбовками по обеим сторонам фундамента на ширину 0,8 м от его обреза, а затем осуществляется ходами катка Д-484, цепичным способом—полосами, перекрываемыми по 0,08—0,1 м.

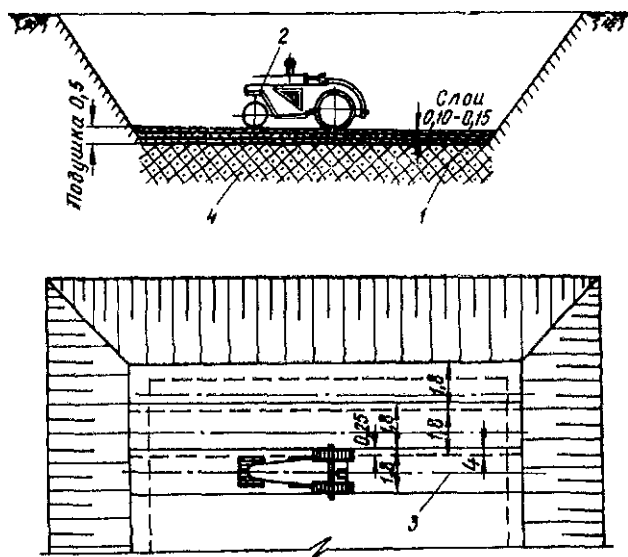


Рис. 45. Уплотнение грунта самоходными катками с гладкими вальцами

1 — уплотненный грунт; 2 — каток Д-211; 3 — ось движения катка; 4 — перекрытие катком смежного уплотнения слоя

При устройстве основания под фундаменты зданий и сооружений уплотнение грунта рекомендуется производить катками с гладкими металлическими вальцами (рис. 45).

Основание, как правило, возводится слоями 0,1 — 0,15 м с разравниванием его бульдозером и укаткой катками Д-211, Д-399 или Д-400.

### § 3. Технология уплотнения грунтов транспортными средствами

Уплотнение грунтов транспортными средствами возможно при условии соблюдения следующих требований:



а) обязательное послойное разравнивание грунта и его планировка под проектную отметку. при выполнении этих работ должны обеспечиваться нормальная работа машин, занятых на разравнивании и планировке грунта, и бесперебойно-безопасное движение автотранспорта с грунтом;

б) ширина полосы, на которой производится отсыпка грунта, должна обеспечивать его равномерную укатку транспортными средствами;

в) длина полосы, на которой производится отсыпка грунта должна обеспечивать заданное число проходов транспортных средств по одному и тому же следу.

Послойная отсыпка грунта, его разравнивание и уплотнение, а также движение транспортных средств по спланированному слою возможны либо при кольцевой езде машин, либо с разворотом их на насыпи.

Для выполнения этих условий может быть применена разработанная ЦНИС Минтрансстроя следующая технологическая схема производства работ (при кольцевой езде автосамосвалов).

Насыпь делится на две равные полосы. Автосамосвалы, двигаясь равномерно по всей ширине полосы (например, вторая полоса), разгружают грунт на другую полосу (например, первая полоса). После того как грунт будет завезен на первую полосу почти полностью (кроме последних 5—10 м), он разравнивается и планируется бульдозером. Затем движение автосамосвалов переключается на первую полосу, а грунт завозится и отсыпается на вторую полосу. После отсыпки грунта заданной толщины по всей ширине на второй полосе процесс производства работ повторяется.

Наименьшая ширина уплотняемых полос насыпи определяется из расчета, чтобы след задних колес автомашины ложился рядом со следом задних колес ранее прошедшей автомашины. При таком условии сплошная укатка слоя полосы насыпи возможна при ее ширине для автосамосвалов МАЗ-205 и ЗИЛ-585 соответственно 4,1 и 3,4 м. Эти значения ширины полос должны быть увеличены по условиям техники безопасности со стороны откоса насыпи на 0,5 м и с противоположной стороны на 0,25 м. Таким образом, минимальную ширину насыпи (из расчета двух полос) надлежит принимать при движении автосамосвалов МАЗ-205 и ЗИЛ-585 соответственно 10 и 9,5 м.

Верхний слой насыпи должен уплотняться грунтоуплотняющей машиной. Въезды на насыпь для автосамосвалов устанавливаются с уклоном 1:5, съезды — с уклоном не круче 1:2,5. Ширина въездов и съездов должна быть не менее 3,5 м.

Схема отсыпки и уплотнения насыпи автосамосвалами приведена на рис. 46.

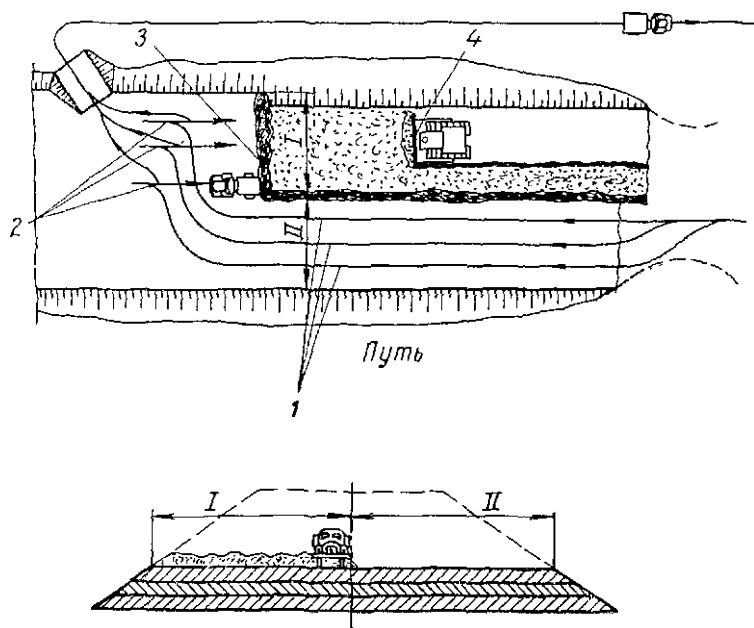


Рис. 46. Схема отсыпки и уплотнения насыпи автосамосвалами  
I — движение груженых автосамосвалов на половине поля после отсыпки и разравнивания грунта; II — отсыпка грунта на другой половине поля; 1 — путь движения груженых автосамосвалов; 2 — подача автосамосвалов под разгрузку; 3 — отсыпка грунта по ширине слоя; 4 — разравнивание грунта на отсыпанной половине слоя

Оставлять транспортные средства полностью или частично неразгруженными на время перерывов в работе запрещается. Выгруженный грунт необходимо немедленно уложить в насыпь и уплотнить.

## § 4. Технология уплотнения грунтов скреперами-катками

При разработке и уплотнении грунта скрепером-катком различают следующие схемы производства работ: эллиптическую (рис. 47), восьмерку (рис. 48), зиг-заг (рис. 49) и продольно-челночную (рис. 50).

Применение этих схем зависит от характера возводимого сооружения, взаимного расположения мест разработки и выгрузки грунта и местных условий.

При эллиптической схеме, чтобы избежать одностороннего износа ходовой части трактора и скрепера-катка, следует периодически (2 раза в смену) изменять направление движения в обратную сторону.

В случае движения скрепера-катка по схеме «восьмерка» односторонний износ ходовых частей машины исключается, а также экономится один поворот на каждом рейсе.

Таблица 59

Средняя дальность возки скрепера-катка в зависимости от высоты отсыпаемой насыпи

Высота насыпи, м	Расстояние между съездами, м	Средняя дальность возки грунта, м
До 2	65	70
3	80	90
4	95	110
5	110	130
6	130	150

При продольно-челночном движении скрепера-катка ось земляного полотна является границей между двумя частями насыпи и прилегающих резервов. Эта схема движения позволяет сократить до минимума число поворотов и длину порожнего хода скрепера-катка, производя за один ход две отсыпки.

Примерная дальность возки грунта и расстояния между съездами в зависи-

мости от высоты насыпи указаны в табл. 59.

Уклоны въездов должны быть не круче 1:5, съездов — не круче 1:2,5; ширина их должна быть не менее 3,5 м.

Толщина отсыпаемого слоя грунта  $h_p$  скрепером-катком ориентировочно определяется по формулам:

$$h_p = h + \Delta h \quad (49)$$

и

$$\Delta h = h \left( 1 - \frac{0,95 \gamma_p}{\gamma_y} \right), \quad (50)$$

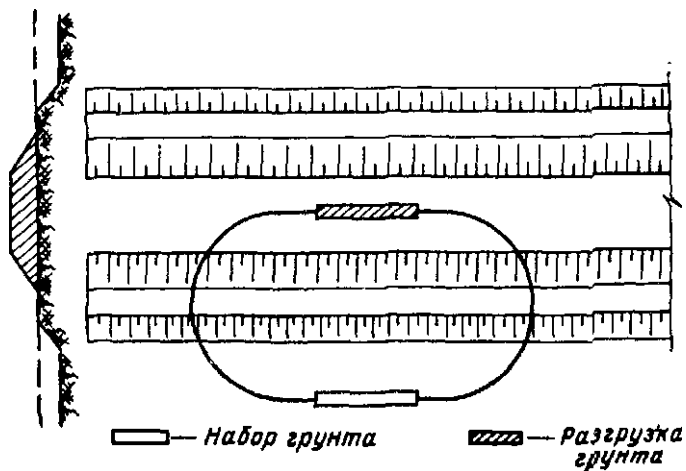


Рис. 47. Схема производства работ скрепером-катком по эллипсу

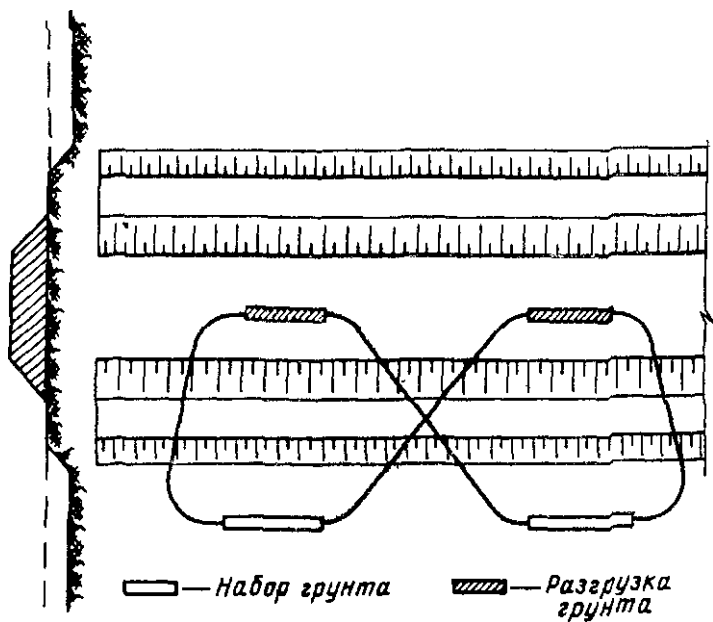


Рис. 48. Схема производства работ скрепером-катком по восьмерке

где  $\Delta h$  — ожидаемая осадка слоя грунта в см;  
 $h$  — толщина слоя грунта в плотном теле в см;  
 $\gamma_p$  — плотность грунта, отсыпанного в насыпь скрепером-катком в г/см<sup>3</sup>;  
 $\gamma_y$  — требуемая плотность грунта после его уплотнения в г/см<sup>3</sup>.

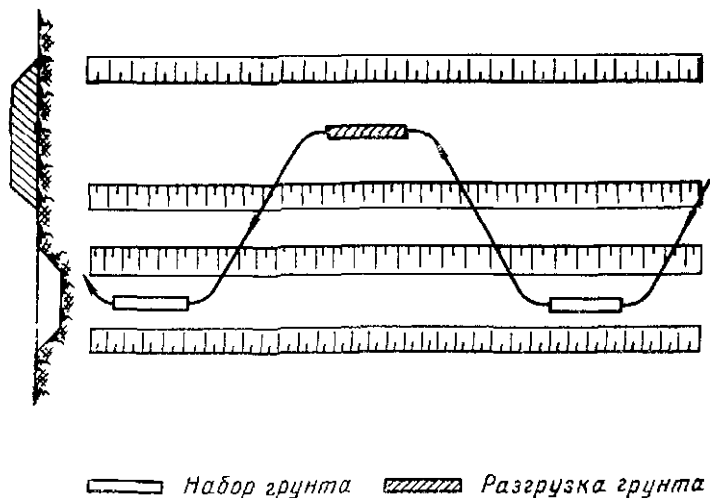


Рис. 49. Схема производства работ скрепером-катком по зигзагу

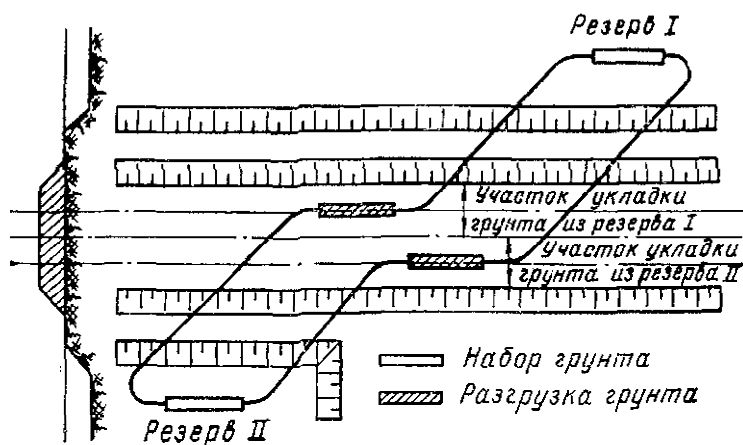


Рис. 50. Продольно-челночная схема производства работ скрепером-катком

Для получения равномерной плотности грунта по глубине и ширине насыпи принимается порядок производства работ, приведенный на рис. 51.

Насыпь разбивается на участки и карты равной длины.

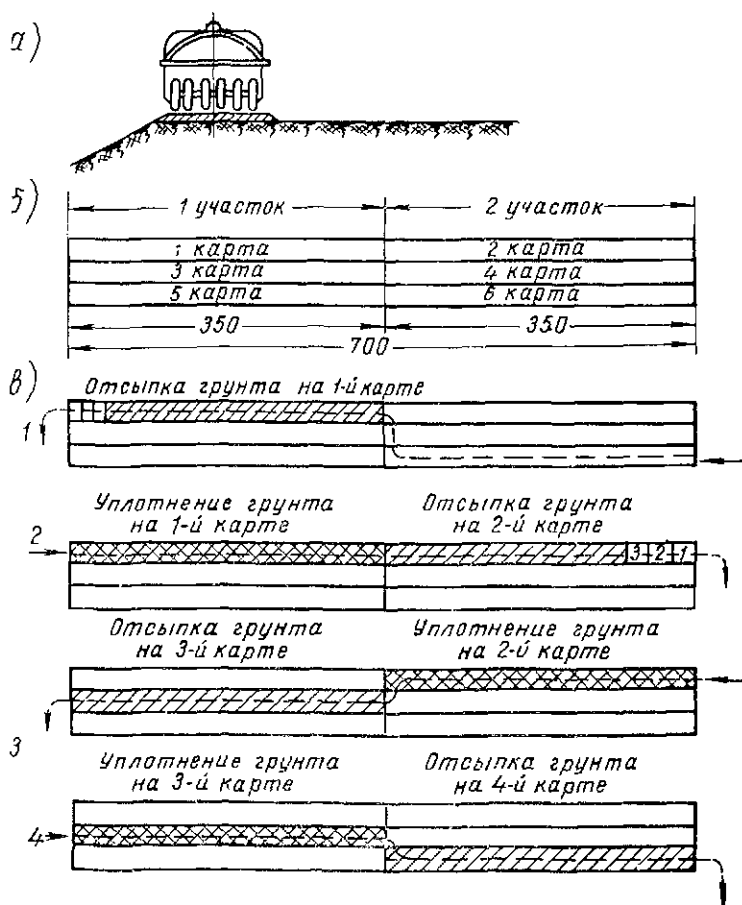


Рис. 51. Последовательность отсыпки и уплотнения насыпи скрепером-катком

а — смещение оси движения скрепера-катка при уплотнении грунта; б — разбивка участков на карты; в — последовательность отсыпки и уплотнения грунта (цифрами 1—4 указан порядок отсыпки скрепером из карты полос длиной 10—12 м каждая)

Работы производятся одновременно на двух смежных участках. Отсыпка грунта начинается с первой

карты полосами по направлению ко второй карте. Разгрузка грунта производится на ходу трактора, планировка грунта — ножом скрепера-катка в процессе отсыпки насыпи.

После отсыпки грунта на первой карте производится его отсыпка на второй карте. Грузеный скрепер-каток проходит по первой карте и уплотняет на ней грунт; направление движения скрепера-катка при проходе на вторую карту должно быть изменено. Скрепер-каток, загруженный грунтом, каждый раз, перемещаясь на первой карте, будет ее уплотнять до полной отсыпки грунта на второй карте и т. д.

Наименьшая длина участка  $L$  в  $m$  определяется по следующей формуле:

$$L = nl, \quad (51)$$

где  $n$  — требуемое количество проходов скрепера-катка по одному месту;

$l$  — длина полосы, на которой производится разгрузка ковша заданной толщины (для скрепера Д-222 принимается 10—12 м).

Подъем и опускание ковша скрепера-катка необходимо производить плавно, без рывков, резкий подъем или опускание ковша может вызвать обрыв каната и привести к аварии.

Для высокопроизводительной работы желательно, чтобы скрепер-каток работал под уклон.

При движении на подъем необходимо следить, чтобы ножи ковша скрепера-катка не заглублялись чрезмерно в грунт.

Скреперы-катки, груженые грунтом, при возведении высоких насыпей или разработке глубоких выемок должны перемещаться по специально устроенным въездам. Движение грузовых скреперов-катков по этим въездам следует производить на второй передаче.

## § 5. Технология уплотнения грунтов трамбуемыми машинами

Трамбующие машины обеспечивают эффективное уплотнение всех разновидностей грунтов (связных и несвязных), в том числе и крупнообломочных, а также сухих комковатых глин.

При уплотнении грунта трамбуемыми машинами предварительное его уплотнение достигается трамбовка-

ми вдвое меньшего веса либо при помощи трамбующей машины, которой производят основное уплотнение, но с понижением в 4 раза высоты падения плиты.

Во избежание повреждений искусственных сооружений и фундаментов уплотнение грунта трамбующими

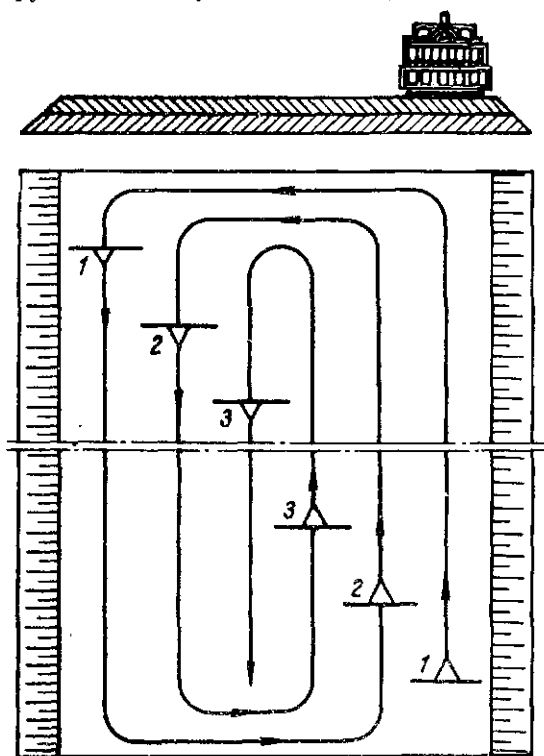


Рис. 52. Схема уплотнения насыпи трамбующей машиной ЦНИИС

$I-3$  — последовательность проходов машины

машинами следует производить не ближе 2 м от этих сооружений. При уплотнении грунта, расположенного над трубами, толщина засыпки, предварительно уплотненной другими средствами, должна быть не менее 2 м.

Эти работы необходимо выполнять очень тщательно, засыпая грунт у искусственных сооружений горизонтальными слоями, толщину которых назначают в зависимости от типа машин и заданной в проекте нормы плотности грунта.



Уклон поверхности уплотняемого слоя грунта машинами Д-471 и ЦНИИС не должен превышать в поперечном направлении 9<sup>0</sup>/о и продольном 18<sup>0</sup>/о.

Трамбующие машины Д-471 в целях предотвраще-

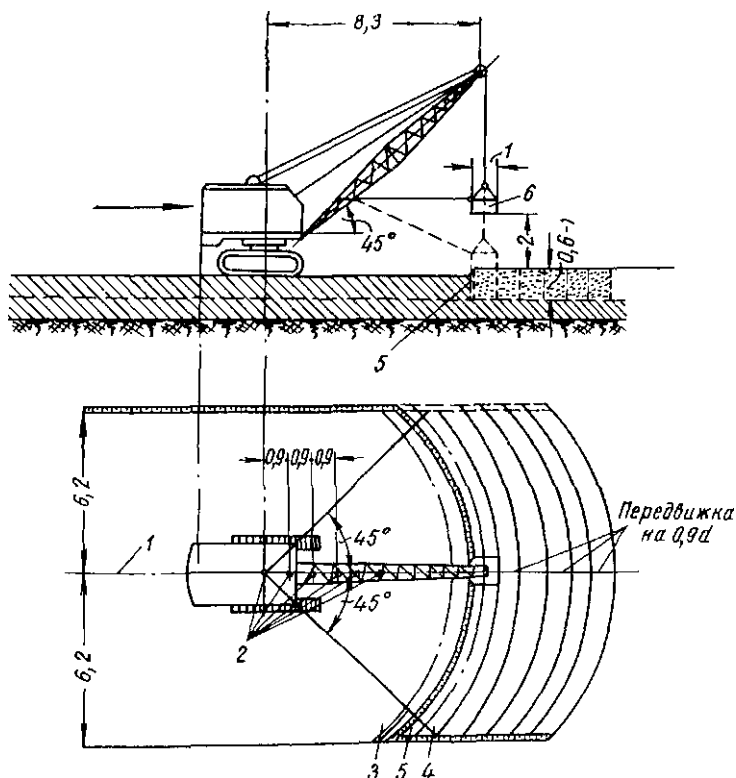


Рис. 53. Уплотнение грунта трамбующей плитой

1 — ось проходки экскаватора; 2 — места стоянки экскаваторов; 3 — уплотняемая полоса; 4 — уплотняемая полоса; 5 — полоса перекрытия; 6 — трамбующая плита

ния их от сползания должны уплотнять грунт на расстоянии 0,6 м от откоса с уменьшением высоты падения плит до 0,5—0,75 м. Если плотность грунта, полученная при этом, окажется недостаточной, необходимо увеличить количество проходов машины по тому же следу.

Уплотнение грунта машиной ЦНИИС производят последовательными ходами не ближе 0,5 м от бровки с перекрытием следа предыдущего прохода на 0,1—0,2 м (рис. 52). Рабочую скорость машины назначают

в зависимости от вида и влажности грунта, а также толщины уплотняемого слоя.

Схема уплотнения грунта трамбующей плитой, подвешенной к стреле экскаватора Э-505А, приведена на рис. 53. Уплотнение грунта рекомендуется производить отдельными полосами, равными 0,9 от диаметра (наименьшего размера) плиты.

Для большей равномерности уплотнения грунта угол, образуемый в плане между крайними положениями плиты, рекомендуется принимать не более 90°. Передвижка экскаватора на новую стоянку производится по окончании уплотнения полосы до проектной плотности.

По окончании уплотнения трамбующими машинами следует удалять верхний слой грунта, разрыхленный трамбованием, толщина которого должна составлять не более 0,15 м, либо этот слой уплотнить трамбовками.

Уплотнение грунтов небольших объемов и в стесненных условиях производится трамбовками Тр-1 и И-157, И-132 и С-690.

На просадочных грунтах до начала работ по уплотнению тяжелыми трамбовками в основаниях под фундаменты зданий и сооружений должна быть закончена выемка грунта из котлована. Учитывая понижение отметок дна котлована от уплотнения, разработку его производят с недобором до проектной отметки. Величина недобора устанавливается по результатам опытного уплотнения и ориентировочно принимается в размере 0,25—0,6 м.

Котлован следует оградить от попадания атмосферных вод с окружающей территории. Дно котлована планируется с уклоном к приемному колодцу-зумпфу, из которого вода может быть удалена насосом.

Если по окончании отрывки котлована и планировки дна влажность грунта окажется недостаточной, необходимо произвести замачивание для придания грунту оптимальной влажности.

Уплотнение грунта производится последовательно до отказа, с подъемом трамбовки на высоту 3,5—4 м.

Число ударов трамбовкой по одному следу на просадочных грунтах для достижения требуемой плотности, определяемой отказом, составляет примерно 5—10 ударов и устанавливается опытным путем до начала работ. Величина отказа принимается от 0,5 до 2 мм в зависимости от вида грунта.

При трамбовании грунта в основании фундаментов с различной глубиной заложения уплотнение надо производить начиная с наиболее высоких отметок, последовательно переходя к наиболее низким.

По окончании поверхностного уплотнения верхний слой грунта толщиной примерно 7—10 см, разрыхленный трамбованием, доуплотняется легкими ударами трамбовки, сбрасываемой с высоты 0,5—1 м, а при больших площадях уплотнение этого слоя производится несколькими проходами катка.

В тех случаях когда из-за различной пористости и неоднородности сложения полученное понижение дна котлована превышает местами величину установленного недобора до проектной отметки, необходимо произвести выравнивание поверхности котлована подсыпкой грунта с последующим его уплотнением.

Подготовка оснований путем устройства грунтовых подушек в целях устранения просадочных свойств грунта производится следующим образом.

Отрывается котлован на глубину, превышающую заложение фундамента на принятую толщину подушки.

Вынутый из котлована грунт складывают в резерв и в дальнейшем используют для отсыпки подушки или завозят к месту его укладки.

Планировку дна котлована осуществляют с уклоном к приемному колодцу-зумпфу.

Грунт, разрыхленный при планировке дна котлована, уплотняют и производят отсыпку подушки горизонтальными слоями местным однородным лёссовым грунтом оптимальной влажности. После уплотнения одного слоя и обеспечения требуемой плотности производят отсыпку и уплотнение следующих слоев.

Для удобства производства работ уплотняемую площадь разбивают на отдельные карты, на каждой из которых последовательно чередуется выполнение основных работ по укладке грунта и его уплотнению. Размеры карт назначают с учетом производительности и количества применяемых машин для возведения подушек, а также изменения влажности грунта за период от начала отсыпки до окончания уплотнения.

Засыпка котлованов вокруг фундаментов и траншей после прокладки трубопроводов, подготовка оснований под полы и отмостки производится горизонтальными слоями местным лёссовым грунтом оптимальной влажности.

Уплотнение грунтов при возведении подушек и обратных засыпок осуществляется трамбованием или укаткой. При большом объеме работ и достаточном фронте для маневрирования машин целесообразно применять тяжелые катки на пневмоколесном ходу и кулачковые катки. При ограниченном фронте работ, например при устройстве грунтовых подушек под жилые дома, засыпке котлованов и траншей, целесообразно применять самоходные катки, скреперы-катки, трамбующие машины и механические трамбовки.

## **§ 6. Технология уплотнения грунтов вибромашинами и гидровиброуплотнителями**

Вибрирование следует применять для уплотнения несвязных и малосвязных грунтов, не содержащих глинистых фракций более 6%, а также песчано-гравелистых грунтов.

Уплотнение грунта виброкатками осуществляется по круговой схеме движения или челночным способом.

Виброкатками с величиной возмущающей силы от 5 до 10 т следует уплотнять грунты толщиной слоя примерно 0,4—0,5 м при трех-четырех проходах по одному месту. Виброкатками с величиной возмущающей силы от 18 до 28 т можно уплотнять песчаные грунты на глубину до 1,5 м.

Количество проходов виброкатка по одному следу в этом случае ориентировочно может быть принято при толщине слоя грунта 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5 м — соответственно 2, 3, 4, 5 и 6 проходов.

Самопередвигающиеся машины следует применять при уплотнении несвязных грунтов, отсыпаемых слоями до 0,8 м на прямолинейных участках небольшой длины, захватками в пределах 50—100 м, с продольным уклоном уплотняемой поверхности не более 10% и поперечными уклонами не более 5%.

Гидровиброуплотнение грунта должно производиться с повышенных точек продольного профиля траншей.

Гидровиброуплотнение грунта, засыпаемого в пазухи между стенкой траншей и трубопроводом, должно производиться лишь после засыпки траншей в уровень с шельгой трубы.

Образовавшиеся в грунте при гидровиброуплотнении норонки необходимо заполнить этим же грунтом.

Схема производства работ по уплотнению грунта гидровиброуплотнителем НИИОМТП приводится на рис. 54.

Машина при помощи резинового шланга и кабеля подключается к водопроводной линии и электролинии; затем гидровиброуплотнитель устанавливается на отведенном участке с таким расчетом, чтобы гидровиброблок был расположен строго над намеченным местом его погружения. После этого включаются вибраторы и

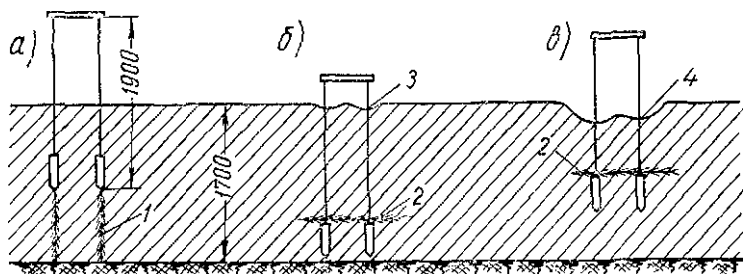


Рис. 54. Схема уплотнения грунта гидровиброуплотнителем НИИОМТП

*а* — погружение гидровиброблока в грунт и подача воды 1; *б* — достижение предельной глубины, подача воды 2 из кольцевых водяных игл и частичное образование воронки 3, *в* — подъем гидровиброблока и полное образование воронки 4 на поверхности грунта

подается вода в водяные иглы, начинается при помощи лебедки погружение гидровиброблока в грунт под действием собственного веса. При достижении требуемой глубины гидровиброблок задерживается на 15 сек, после чего начинается медленный его подъем. Грунт, разжиженный водой и приведенный в колебательное движение, становится подвижным и плотно заполняет пустоты, образовавшиеся при отсыпке насыпи или засыпке траншей.

После извлечения рабочего органа из грунта подача воды и электроэнергии прекращается, и установка передвигается на 1,1 м для выполнения следующей операции.

## § 7. Технология уплотнения грунтов в зимних условиях

Уплотнение при отрицательной температуре воздуха возможно, если отсыпка будет производиться непереувлажненными и талыми грунтами с количеством мерзло-

ты, не превышающим допускаемых значений. Работы в этом случае должны производиться на суженном фронте, при максимальном насыщении его механизированными средствами, с минимальными перерывами и такой интенсивностью, чтобы уложенный слой грунта не замерзал до отсыпки следующего слоя.

Для производства работ в зимнее время следует выбирать объекты, сосредоточенные в одном месте или на нескольких участках, при условии, что переброска машин с одного из них на другой не связана с перевозкой по железной дороге и не сопряжена с большими трудностями.

При прекращении работ по укладке грунта в насыпь необходимо предупредить нарушение плотности и монолитности уложенного и уплотненного грунта в связи с возможным его замерзанием, а затем оттаиванием. Для этого необходимо последние два-три слоя грунта укладывать в насыпь с влажностью, не превышающей 0,8—0,9 границы раскатывания, после чего отсыпать еще один слой грунта, но без уплотнения.

Весной следует проверить состояние грунта, уложенного в насыпь, и в случае обнаружения деформаций переработать грунт и уплотнить его заново.

Песчаные подушки под фундаментами здания должны устраиваться, как правило, в теплое время года. В зимних условиях песчаные подушки можно устраивать только при соответствующем технико-экономическом обосновании. При устройстве подушек в зимнее время не допускается смерзшихся комьев грунта, льда и снега.

Грунты для отсыпки насыпей с нормируемой плотностью в зимнее время допускаются без ограничения: предварительно разрыхленные скальные грунты, гравий, щебень, крупный и средней крупности песок.

Несвязные грунты укладываются и уплотняются так же, как в летнее время, причем не допускается их дополнительного увлажнения.

Глинистые грунты допускаются для отсыпки насыпей при условии влажности их, не превышающей границы раскатывания. Допускаются также мелкие и пылеватые пески.

Отсыпка насыпей из жирных глин, меловых, тальковых и трепельных грунтов запрещается.

Однако при выборе объектов для зимних работ сле-

дует ориентироваться на разработку несвязных и мало-связных грунтов (грунтов, содержащих глинистые частицы от 3 до 12%), которые по сравнению с связными грунтами легко уплотняются и после оттаивания дают меньше осадки.

Грунт, подлежащий использованию для обратной засыпки котлованов и траншей с последующим его уплотнением, должен укладываться в отвал с применением мер против его промерзания.

Таблица 60

**Зависимость времени выемки грунта и его уплотнения от температуры наружного воздуха**

Время, затрачиваемое на разработку, транспортирование и укладку грунта в насыпь, в ч	Температура наружного воздуха в °С
2—3	От —2 до —10
1—2	„ —10 „ —20
Менее 1	„ —20 „ —30

Транспортировать грунт желательно в автосамосвалах с обогреваемыми кузовами, которые можно оборудовать силами строительных организаций (кузов обшивают с наружной стороны листовой сталью и в образующиеся пространства подводят выхлопные газы).

Максимальные допустимые промежутки времени от выемки грунта до его уплотнения приведены в табл. 60.

При наличии ветра эти значения надо уменьшить в 2 раза. Температура талого грунта в момент окончания уплотнения должна быть не ниже +2°C.

При выпадении снега последний подлежит удалению из возводимого земляного сооружения. Укладка грунта и его уплотнение во время сильных снегопадов и метелей должны прекращаться.

Получение в зимнее время требуемой по проекту плотности грунта связано с большими трудностями, чем в летнее время. Поэтому работы по уплотнению грунта надо выполнять особенно тщательно и вместе с тем в более короткие сроки, чем летом.

Лучшим способом уплотнения грунтов в зимнее время является трамбование, при котором возможно вести отсыпку грунта наиболее толстыми слоями и допускать в насыпь более крупные куски мерзлого грунта. Поэтому в качестве основных средств уплотнения свежотсыпанного грунта в зимних условиях следует применять трамбующие машины, трамбовочные плиты, по-

звolyающие производить работы на узком фронте и при значительной толщине уплотняемого слоя грунта.

Катки с гладкими металлическими вальцами и кулачковые катки практически малопригодны для уплотнения грунта в зимних условиях ввиду незначительной толщины уплотняемого слоя и в связи с тем, что они требуют большого фронта работ по укатке, что ведет к быстрому охлаждению грунта и к возможности его промерзания. Некоторое применение могут найти катки на пневмоколесном ходу, но работа их в зимнее время будет сопровождаться повышенным износом шин. В связи с тем что применение прицепных катков требует большого фронта работ, а это трудно осуществить в условиях быстрого промерзания грунта, особенно при тонкослойной отсыпке насыпи, необходимо при их рекомендации для производства зимних грунтоуплотнительных работ давать соответствующее технико-экономическое обоснование.

## § 8. Опытное уплотнение грунтов

Насыпи, как правило, отсыпаются из грунтов, состав и свойство которых применяются в довольно широких пределах, даже если и остается неизменной их классификационная характеристика. Как следствие этого возможны изменения значений влажности и технико-экономических показателей способов уплотнения грунтов, предусмотренных в проектных решениях.

Поэтому перед началом производства земляных работ для уточнения технологических данных о толщине уплотняемых слоев, количестве проходов (ударов) грунтоуплотняющих машин по одному следу и оптимальной влажности грунта необходимо выполнить опытное уплотнение грунта непосредственно на строительной площадке.

Опытное уплотнение грунта должно производиться для всех видов грунтов и типов грунтоуплотняющего оборудования.

При проведении опытного уплотнения толщина уплотняемого слоя грунта и количество ходов (ударов) грунтоуплотняющих машин по одному месту принимаются согласно данным табл. 61.



Толщина слоя грунта и количество ходов (ударов)  
грунтоуплотняющих машин, принимаемых на опытной площадке

Грунтоуплотняющие машины	Толщина уплотняемого слоя грунта в плотном теле в см	Количество ходов (ударов) на одной площадке грунта	
		связного	несвязного
Трактор С-100 . . . . .	5, 10	6, 8, 10, 12	4, 6, 8, 10
Прицепные катки:			
с гладкими вальцами, 5 т . .	5, 10, 15	6, 8, 10, 12	4, 6, 8, 10
кулачковые, 5 т . . . . .	10, 15, 20	8, 11, 14, 18	—
кулачковые, 30 т . . . . .	50, 60, 65	4, 6, 8, 10	—
на пневмоколесном ходу, 10 т	10, 15, 20, 25	4, 6, 8, 10	2, 4, 6, 8
то же, 25 т . . . . .	20, 25, 30, 35, 40	4, 6, 8, 10	2, 4, 6, 8
„ 45 т . . . . .	25, 30, 35, 40, 45, 50	4, 6, 8, 10	2, 4, 6, 8
Самоходный каток на пневмоколесном ходу, 18 т . . . . .	15, 20, 25, 30		
Трамбующие машины Д-471 и ЦНИИС . . . . .	40, 50, 60, 70, 80	2, 3, 4	2, 3, 4
Трамбующие плиты весом 2 т при высоте падения 2 м . . . .	70, 80, 90, 100, 110	2, 3, 4	2, 3, 4
Трамбовки, 40 кг . . . . .	10, 15, 20, 25	3, 4, 5	2, 3, 4

Указанные в табл. 61 значения являются ориентировочными и уточняются в зависимости от требования проекта и местных условий уплотнения грунта.

Опытное уплотнение грунта подлежит проводить при следующих значениях влажности:

В тех случаях когда проектная плотность грунта устанавливается в зависимости от максимальной стандартной плотности, значения оптимальной влажности определяются прибором Союздорнии.

Площадку для опытного уплотнения грунта желательно выбирать в стороне от возводимого земляного сооружения.

Основание участка должно быть спланировано и уплотнено до плотности не ниже проектной в земляном сооружении.

За одно опытное уплотнение грунта принимается уплотнение участка, покрытого слоем грунта одинаковой толщины, разбиваемого в плане на секции, которым придается различная влажность грунта.

На каждой секции берутся пробы после различного количества ходов (ударов) грунтоуплотняющего оборудования по одному месту. Размеры опытного участка устанавливаются в зависимости от применяемого грунтоуплотняющего оборудования. Толщина слоя рыхлого грунта на опытном участке проверяется стержнем, на котором наносятся деления через каждые 2 см.

Увлажнение грунта может производиться из автоцистерны или шланга, подключаемого к подведенному водопроводу временного типа.

Если грунт имеет повышенную влажность, то перед опытным уплотнением надлежит проследить испарение влаги в грунте по времени. Для этого грунт отсыпается на площадке слоем принятой толщины. Затем через определенные промежутки времени (от 30 мин до 2 ч) берутся пробы на влажность из середины слоя; это позволяет определить изменение влажности по времени для слоя исследуемого грунта.

Уплотнение грунта как подсушиваемого, так и с дополнительным увлажнением производится одновременно на всех секциях опытного участка.

По окончании уплотнения грунта берутся пробы на объемный вес и влажность.

Результаты опытного уплотнения грунта изображаются графически в виде кривых зависимости получаемого объемного веса скелета грунта от влажности, постоянного значения толщины уплотняемого слоя при данном количестве ходов (ударов) грунтоуплотняющей машины по одному следу.

Через все построенные серии кривых проводится горизонтальная линия с ординатой, равной объемному весу скелета грунта, который предусматривается проектом земляного сооружения.

Сопоставление различных режимов уплотнения, обеспечивающих достижение заданной плотности грунта, позволит выбрать толщину уплотняемого слоя грун-

та, его влажность и количество проходов (ударов) по одному следу, при которых уплотнение грунта будет наиболее целесообразным при данных конкретных условиях.

### **§ 9. Примерные схемы механизации земляных работ на строительстве дорог**

Ниже приводятся прогрессивные решения по сравнению с наиболее распространенными в практике строительства схемами комплексной механизации земляных работ по уплотнению грунта при строительстве безрельсовых дорог, при возведении железнодорожного полотна и при обратной засыпке котлованов и траншей («Схемы комплексной механизации строительных работ», вып. 2, разд. I «Земляные работы при строительстве автомобильных дорог», Госстройиздат, 1957).

Основным видом земляных работ при строительстве безрельсовых дорог является возведение насыпей грунтами, поступающими из боковых резервов.

Ниже рассматриваются наиболее часто встречающиеся схемы возведения насыпей грунтами из боковых резервов: а) высотой 0,5 м — бульдозерами; б) — высотой 1,2 м — бульдозерами; в) высотой 1,6 м — бульдозерами и скреперами.

Наиболее распространенным способом является также разработка грунта в выемке экскаваторами с последующим перемещением его автосамосвалами в насыпь.

**Возведение насыпи высотой 0,5 м бульдозерами из грунтов боковых резервов.** Обычно применяется следующая технология производства работ: грунт перемещается бульдозерами Д-271 из боковых резервов в насыпь, которая отсыпается в два слоя толщиной по 0,25 м каждый. После отсыпки каждого слоя грунт на насыпи разравнивается бульдозерами, а затем уплотняется проходками сцеха из двух катков Д-130Б (рис. 55,а).

Недостатком данной схемы является необходимость тонкослойной отсыпки насыпи, разравнивание каждого слоя грунта (для чего должна использоваться специальная машина) и тонкослойного уплотнения грунта. Наличие сцеха катков не допускает их разворота на

насыпи, кроме того, требуется большой фронт работ, что в условиях промышленного и гражданского строительства не всегда возможно. Устранить эти недостатки можно путем применения технологии, основанной на использовании специальной грунтоуплотняющей самоходной, ударного действия машины с габаритами, позволяющими использовать ее на узком фронте работ, и способной обеспечить отсыпку и уплотнение насыпи слоями не меньше 0,5 м, типа Д-471 и ЦНИИС.

Более совершенная технология производства работ по возведению насыпи показана на схеме (рис. 55,б). Грунт, разрабатываемый бульдозером Д-271, из боковых резервов должен перемещаться в насыпь, отсыпаемую им сразу на полную высоту—0,5 м. По мере отсыпки насыпи грунт одновременно и разравнивается и уплотняется самоходной грунтоуплотняющей машиной ЦНИИС.

Преимущество новой технологии производства земляных работ, особенно в условиях промышленного и гражданского строительства, заключается в следующем.

- а) исключается необходимость в послойной отсыпке и послойном уплотнении насыпи, а также в разравнивании грунта как самостоятельной рабочей операции;
- б) сокращается количество захваток с четырех до двух и строительных операций с семи до трех;
- в) один бульдозер, пять тракторов и восемь катков заменяются двумя самоходными грунтоуплотняющими машинами типа ЦНИИС.

**Возведение насыпи высотой 1,2 м бульдозерами из грунтов боковых резервов.** По обычной схеме производства работ, описанной выше, грунт из боковых резервов перемещается бульдозерами и укладывается послойно с укаткой в насыпь (три слоя толщиной каждый 0,4 м). Грунт после отсыпки каждого слоя насыпи разравнивается бульдозером, а затем уплотняется прицепными катками на пневмоколесном ходу Д-263, применение которых обуславливает толщину отсыпаемого слоя грунта в 0,4 м.

При производстве работ по данной технологической схеме недостатки такие же, как и в предыдущей: необходимость в послойной отсыпке, разравнивании и уплотнении насыпи с трудностями разворота сцепа катков на насыпи.

С применением грунтоуплотняющей машины

[illegible]

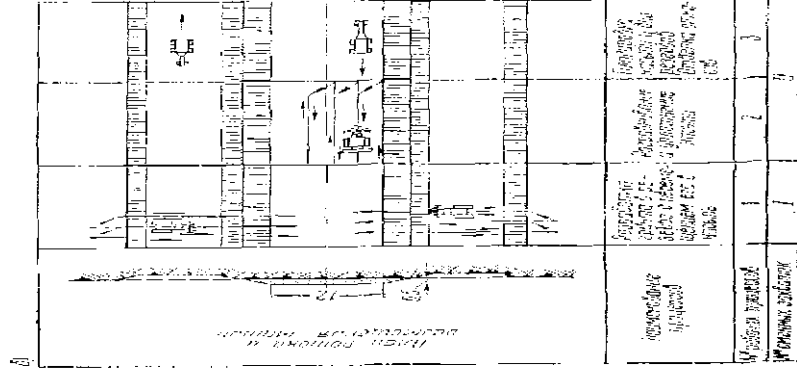


Рис. 55 Схема здания после реконструкции

а — план; б — разрез

ЦНИИС или Д-471, которая позволила бы уплотнить слой грунта толщиной не менее 0,6 м, отпадут в значительной степени все промежуточные рабочие операции в виде послойного разравнивания, уплотнения и др.

**Возведение насыпи высотой 1,6 м бульдозерами и скреперами из грунтов боковых резервов.** Обычная технология производства работ (рис. 56,а) заключается в следующем.

Грунт из боковых резервов перемещается бульдозером Д-271 и скрепером Д-222 в насыпь. Насыпь на высоту 1,2 м возводится бульдозером в три слоя, а верхний слой (до отметки 1,6 м) — скрепером. После отсыпки каждого слоя насыпи грунт разравнивается бульдозером и уплотняется прицепным катком на пневмоколесном ходу Д-263.

Недостатком данной схемы является необходимость в трехслойной отсыпке насыпи, в послойном разравнивании и послойном уплотнении грунта. При производстве работ весьма затруднительны развороты катка, поскольку каток не реверсивен. Большое количество сменных «захваток» вызывает необходимость предусматривать значительные площади для производства работ, что также в условиях промышленного и гражданского строительства в подавляющих случаях делает невозможным применение данной схемы производства работ.

С применением технологии производства земляных работ, базирующейся на грунтоуплотняющей машине ЦНИИС и Д-471 и скрепер-катке, в котором сочетаются работы бульдозера, скрепера и катка, можно устранить указанные выше недостатки.

По этой технологии (рис. 56,б) грунт будет перемещаться бульдозером Д-271 из боковых резервов в насыпь последовательно двумя слоями на общую высоту 1,2 м, после этого грунт будет уплотняться машинами ЦНИИС и Д-471.

Насыпь на высоту от 1,2 до 1,6 м возводится скрепером-катком, который транспортирует, разравнивает и уплотняет грунт. Необходимость в специальных машинах и операциях по разравниванию и уплотнению грунта при возведении насыпи на высоту от 1,2 до 1,6 м, таким образом, отпадает.

Преимущества такой технологии производства работ следующие:

а) сокращается количество послойных отсыпок насы-

пи с 4 до 3 количество сменных захваток с 9 до 6, а количество рабочих операций уменьшается с 13 до 6;

б) уменьшается количество рабочих с 56 до 48;

в) 11 скреперов, 6 бульдозеров, 13 катков и 18 тракторов заменяются 9 самоходными машинами ЦНИИС и Д-471 и 12 скреперами-катками; при наличии самоходного скрепера-катка потребность в тракторах сократится еще на 12 единиц.

Технико-экономические показатели этой технологии работ приводятся в табл. 62.

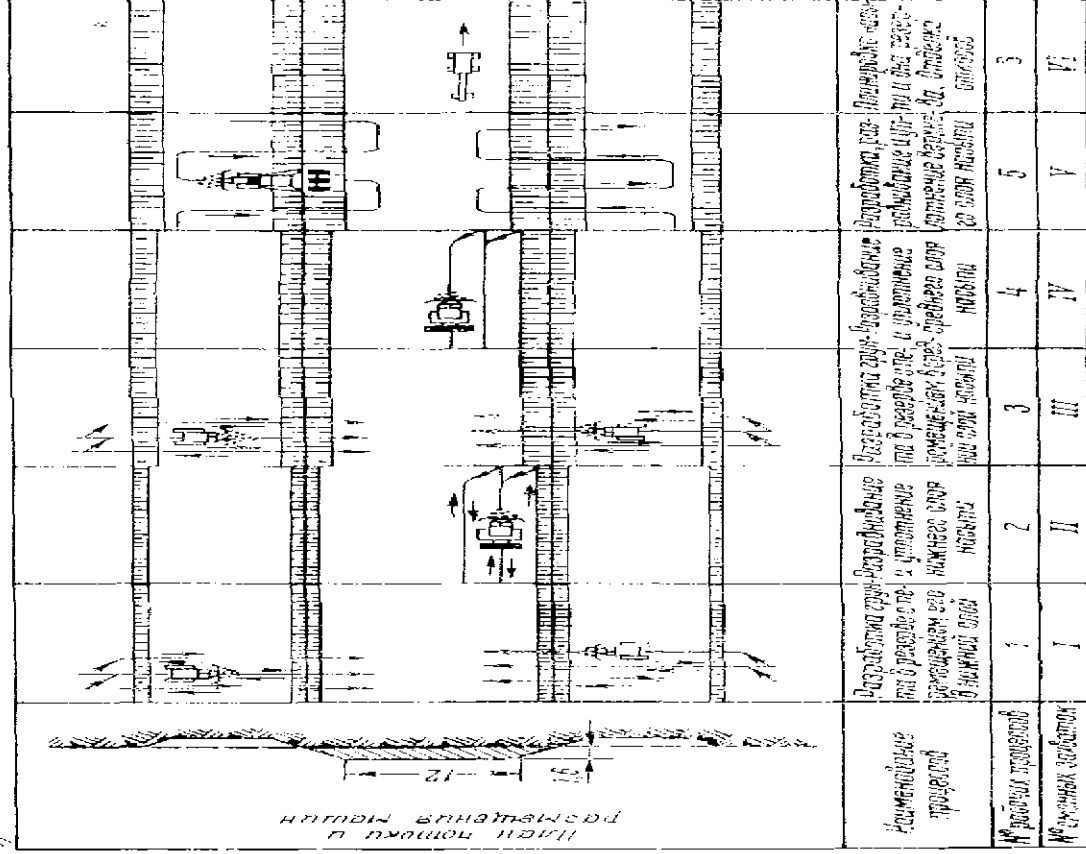
Таблица 62

**Сравнительные технико-экономические показатели различных способов производства работ**

Оборудование и характер выполняемой работы	Бульдозерные работы				Скреперные работы			
	существующая технология		рекомендуемая технология		существующая технология		рекомендуемая технология	
	число машин в шт.	стоимость работы в руб.	число машин в шт.	стоимость работы в руб.	число машин в шт.	стоимость работы в руб.	число машин в шт.	стоимость работы в руб.
Бульдозер Д-271 на разработке резерва и перемещении грунта . . . . .	24	43	24	43	—	—	—	—
Скрепер Д-222А на разработке резерва и перемещении грунта . . . . .	—	—	—	—	11	94	—	—
Бульдозер Д-271 на послойном разравнивании грунта . . . . .	5	9	—	—	1	2	—	—
Каток Д-263 на уплотнении насыпи . . . . .	10	86	—	—	3	26	—	—
Трактор С-100 . . . . .	39	663	24	408	15	256	—	—
Самоходная машина ЦНИИС и Д-471 на разравнивании и уплотнении грунта . . . . .	—	—	9	203	—	—	—	—
Самоходная машина скрепер-каток на разработке, разравнивании и уплотнении грунта . . . . .	—	—	—	—	—	—	12	112
Стоимость 1 м <sup>3</sup> возведения насыпи в руб. . . . .	0,04	—	0,03	—	0,08	—	0,02	—
Выработка на 1 рабочего в смену в м <sup>3</sup> . . . . .	461	—	545	—	333	—	417	—
Количество рабочих на обслуживании машин в чел. . . . .	39	—	33	—	15	—	12	—
Итого . . . . .	78	801	57	654	30	377	12	112







**Возведение насыпей из грунтов, разрабатываемых экскаваторами в карьерах и подвозимых автосамосвалами.** На строительстве обычно применяются следующие способы производства земляных работ. Грунт, разрабатываемый экскаваторами в карьере или выемке, грузится на автосамосвалы и укладывается в насыпь слоями 0,4 м; каждый слой насыпи разравнивается бульдозерами, а затем уплотняется прицепными катками Д-263.

По рекомендуемой технологии производства работ (рис. 57) эти недостатки в основном устраняются в результате применения грунтоуплотняющей машины ЦНИИС и Д-471, у которой рабочий орган позволяет уплотнять грунт, отсыпанный слоями толщиной 0,8 м.

В этом случае грунт, транспортируемый в насыпь автосамосвалами, будет отсыпаться в два слоя толщиной по 0,7 м каждый, а затем уплотняться вышеуказанной самоходной грунтоуплотняющей машиной.

Преимущества такой технологии производства работ по сравнению с существующей будут заключаться в следующем:

а) сократится количество послойных отсыпок насыпи с 4 до 2;

б) сократится количество сменных захваток с 8 до 4 и строительных операций с 13 до 5;

в) отпадает необходимость в разравнивании грунта как в самостоятельной рабочей операции;

г) один бульдозер, два катка и три трактора заменяются одной самоходной машиной ЦНИИС и Д-471.

Технико-экономические показатели по рекомендуемой схеме производства работ могут быть существенно улучшены, если в комплексе работ автосамосвалы будут заменены автосамосвалами-катками. В этом случае стоимость возведения 1 м<sup>3</sup> насыпи снизится в 4 раза.

Применение новой технологии по сравнению с существующей снизит стоимость возведения насыпи, значительно повысит выработку и существенно упростит производство земляных работ.

Одним из основных видов земляных работ при строительстве полотна рельсовых дорог является, так же как и при строительстве автомобильных дорог, возведение насыпей из боковых резервов

Возведение насыпей путем продольного перемещения грунта на строительстве полотна рельсовых дорог имеет большее распространение, чем на строительстве безрельсовых дорог.

Поэтому все вышеизложенное для безрельсовых дорог будет иметь в значительной степени место и на строительстве рельсовых дорог. Здесь дополнительно даются описание и анализ весьма распространенной на строительстве рельсовых дорог схемы возведения насыпи при помощи экскаватора, разрабатывающего грунт в боковых резервах.

Работы организуются согласно схеме, приведенной на рис. 58. Грунт перемещается экскаватором из боковых резервов в насыпь, отсыпаемую слоями высотой 0,25 м с последующим разравниванием бульдозером (грейдером) и уплотнением сцепом из двух катков Д-130Б.

Недостатком данной схемы, как и в предыдущих технологических схемах при производстве земляных работ, является необходимость отсыпать, разравнивать и уплотнять насыпь тонкими слоями. Кроме того, при производстве работ весьма затруднительны развороты сцепа из двух катков. При большом количестве строительных операций и смежных захваток необходимо предусматривать значительные площади для одновременного производства работ.

По намечаемой технологии грунт в боковых резервах разрабатывается экскаваторами и перемещается непосредственно в насыпь, которая возводится слоями 0,5 или 0,8 м. После отсыпки каждого слоя насыпи грунт одновременно уплотняется самоходной грунтоуплотняющей машиной ЦНИИС или Д-471.

При производстве работ по такой технологии сокращается количество послойных отсыпок насыпи с 12 до 6, количество сменных захваток с 26 до 12, строительных операций с 39 до 12; отпадает необходимость в планировке грунта как в самостоятельной операции.

Одна самоходная грунтоуплотняющая машина ЦНИИС может заменить шесть катков и четыре трактора.

**Уплотнение грунта в траншеях.** Грунт, засыпанный в траншею после прокладки подземных коммуникаций и находящийся в рыхлом состоянии, с течением времени под действием нагрузки, переменного увлажнения и вы-





15

[illegible]

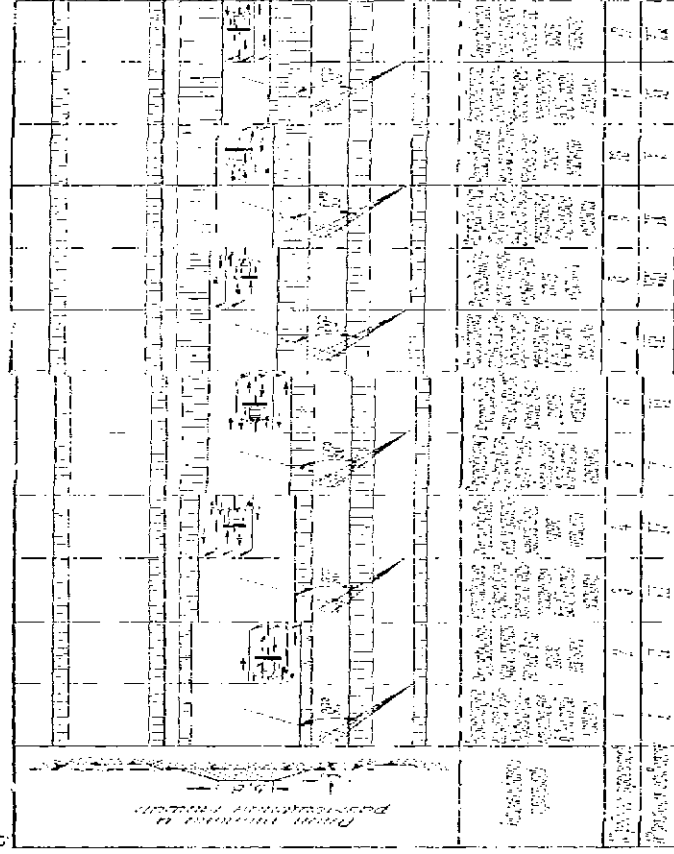


Fig. 18. Cross section of the river at the mouth of the river.

1--direction of the river; 2--depth of the river.



сыхания постепенно уплотняется и садится. Поэтому в городских условиях и на территориях промышленных площадок, а также на участках с дорожными покрытиями, грунт во избежание его осадки следует тщательно уплотнять.

Засыпка траншей и котлованов в целях избежания просадок при восстановлении и строительстве асфальтовых и бетонных покрытий проезжей части дорог и тротуаров часто производится песком с тщательным его уплотнением. При укладке временных покрытий засыпка траншей выполняется из местных грунтов.

В связи с этим строительные организации применяют способ производства работ, при котором вынутый из траншей грунт вывозят в места отвала, а траншею засыпают привозным песком, что приводит к значительному удорожанию стоимости работ, увеличению потребности в рабочей силе и транспортных средствах.

Проведение указанных мероприятий должно гарантировать восстановленные или вновь построенные дорожные покрытия от просадок. Поэтому эти мероприятия подлежат рассматривать как временные мероприятия, которые с созданием более прогрессивного грунтоуплотняющего оборудования должны быть изменены.

Это вызывается тем, что до настоящего времени большая часть работ по искусственному уплотнению грунтов в траншеях выполняется вручную из-за недостатка механизированных средств, что делает их весьма трудоемкими и дорогими, не обеспечивающими в должной мере однородность уплотнения грунта. Работа эта может быть механизирована применением пневматических и электрических трамбовок, трамбовок с бензиновым двигателем и виброуплотнителей.

На выбор механизированных средств для уплотнения грунта, засыпаемого в траншею после прокладки трубопроводов, оказывают большое влияние виды грунтов (несвязный грунт является более желательным, чем связный), ширина траншеи по дну и поверху и ее глубина (при большой глубине и ширине траншеи возможно применение более мощных и производительных грунтоуплотняющих средств).

При уплотнении несвязного грунта в траншее применяется обычно следующая технология производства работ.

После укладки и приемки трубопровода траншея за-

сыпается послойно грунтом из отвала, расположенного с одной стороны траншеи. Засыпка грунта в траншею производится бульдозером или реже экскаватором. Каждый засыпаемый в траншею слой грунта тщательно разравнивается вручную горизонтальными слоями, а затем уплотняется трамбовкой.

К недостаткам данной схемы относятся послойная засыпка траншеи грунтом и уплотнение его тонкими слоями.

Наличие большого количества строительных операций и смежных захваток вызывает необходимость предусматривать участок значительной протяженности для одновременного производства работ, что в условиях городского строительства и строительства на террито-

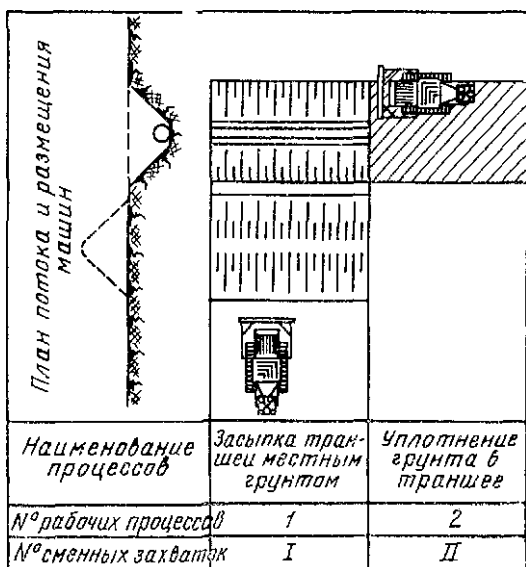


Рис. 59. Уплотнение песчаных грунтов в траншее гидровиброуплотнителем НИИОМТП

риях действующих предприятий делает затруднительным применение данной схемы производства земляных работ.

Указанные недостатки могут быть устранены путем осуществления другой схемы производства работ (рис. 59), базирующейся на применении гидровиброуплотнителя НИИОМТП.

При этой технологии засыпка траншей грунтом и уплотнение производится на всю глубину, и таким образом отпадает необходимость в послойной засыпке и в разравнивании грунта.

Один гидровиброуплотнитель НИИОМТП заменяет 18 пневматических трамбовок.

**Техника безопасности.** Грунтоуплотнительные работы должны выполняться с соблюдением требований главы СНиП III-A.П-62 «Техника безопасности в строительстве». К самостоятельному управлению грунтоуплотняющими машинами и их обслуживанию должны допускаться рабочие, имеющие удостоверение на право управления машиной, изучившие инструкцию по эксплуатации машин, знающие правила техники безопасности для строительно-монтажных работ и прошедшие медицинское освидетельствование.

В ночное время машина должна иметь габаритные световые сигналы и фары для освещения пути движения.

Одновременная работа двух тракторов с прицепными машинами друг за другом допускается на расстоянии не менее 20 м. Между тракторами интервал допускается 8—10 м.

Лицам, не работающим на машине, нельзя находиться на машине или в непосредственной близости от нее.

Во время работы машины в пространстве между прицепной машиной и трактором никто не должен находиться, в том числе и обслуживающий персонал.

Подъезд трактора к прицепным машинам для сцепки должен производиться медленно и осторожно.

Технические осмотры машин следует выполнять на ровной площадке. При подъеме тяжеловесных узлов и деталей надо применять только исправные домкраты, тали и другие подъемные механизмы.

Все работы по техническому обслуживанию и ремонту машины, в том числе регулировка и смазка, должны выполняться при остановленном двигателе.

При работе с катком запрещается загружать балласт во время движения катка.

Запрещается отцепленные катки оставлять на уклоне без подкладывания упоров под вальцы.

Запрещается поднимать домкратами загруженный балластом каток на пневмоколесном ходу.

Запрещается отцеплять каток на пневмоколесном ходу от трактора при убранных домкратах.

Не разрешается включать вибратор при нахождении виброкатка на твердом грунте или твердом основании (бстон, камень).

При работе со скрепером-катком запрещается садиться на ковш или его раму во время движения машины.

Запрещается касаться руками канатов или направлять их во время работы.

Под колеса скрепера-катка, отцепленного от трактора, должны быть подложены упоры.

На стоянке ковш и заслонку следует опускать на грунт.

При переездах ковш надо поднимать над землей на высоту не менее 0,35 м.

Запрещается применение скреперов-катков на разработке глинистых грунтов в дождливую погоду.

При работе с гидровиброуплотнителем НИИОМТП до начала работы надо проверить соответствие перемычек на клеммах щеткодержателя и на торце коллектора напряжению питающей сети.

Запрещается включать в сеть и производить работу не заземлив корпус преобразователя частоты тока.

Запрещается производить частичную разборку и ремонт преобразователя частоты тока без отсоединения его от питающей электросети.

Нельзя допускать натягивание, петление и перекручивание токопроводящего кабеля.

Не разрешается поворачивать гидровиброуплотнитель с заглубленным или загруженным отвалом.

Запрещается становиться на отвал и толкающие балки во время движения.

При сбрасывании грунта под откос нельзя выдвигать отвал за бровку откоса во избежание сползания гидровиброуплотнителя. В нерабочем положении следует опускать отвал на грунт.

## **§ 10. Уход за машинами и их перевозка**

При работе грунтоуплотняющих машин их межремонтный период часто сокращается из-за недостаточного ухода за машинами со стороны обслуживающего персонала.

Краткий перечень возможных неисправностей и способ их устранения приводятся в табл. 63

## Неисправности машин и способы их устранения

Возможные неисправности	Способы устранения неисправностей
<b>Кулачковые катки</b>	
Бандажи ослабли и проворачиваются на барабане Стучат крышки люков	Правильно установить бандажи и затянуть стяжные болты Затянуть гайки крепления люков
Барабан катка вращается неравномерно Срезана контрольная шпилька сцепного устройства Скрепки задевают за кулачки и погнулись	При разработке втулок заменить их новыми Заменить контрольную шпильку Правильно установить и закрепить бандажи; заменить или выправить скрепки
Оторвались или погнулись кулачки	Заменить секцию бандажа
<b>Катки на пневмоколесном ходу</b>	
Давление в шинах ниже нормы и неодинаковое для разных колес Колеса имеют чрезмерный боковой люфт Люки произвольно открываются	Подкачать воздух, а в случае прокола заменить камеру Отрегулировать подшипники
Каток не затормаживается на уклоне	Устранить неисправность замков люков Отрегулировать тормоза: сменить изношенные тормозные накладки
<b>Скрепер-качки</b>	
Ковш не поднимается или поднимается недостаточно	Отрегулировать фрикционные лебедки или сменить накладки фрикциона в случае износа
Передняя заслонка самопроизвольно опускается	Отрегулировать тормозную ленту лебедки; промыть или сменить изношенную накладку тормозной ленты
Заедают блоки системы управления	Промыть и смазать подшипники или заменить поврежденные подшипники; в случае деформации выправить обойму блока
Канат задевает за обойму блока или за элементы конструкции машины	Выправить деформированную деталь

Возможные неисправности	Способы устранения неисправностей
<p>Перегреваются подшипники лебедки, рычаг управления имеет чрезмерно большой ход, ковш поднимается рывками</p> <p>Днище ковша поднимается раньше заслонки, не опускается заслонка, не опускается днище</p> <p>Ступицы колес нагреваются</p>	<p>Отрегулировать лебедку</p> <p>Устранить перекосы и заедания в шарнирах; смазать шарниры</p> <p>Промыть полости ступиц и заправить их свежей смазкой; отрегулировать конические ролики и подшипники</p> <p>Отрегулировать подшипники колес</p> <p>Регулярно подтягивать гайки крепления колес, не допускать движение скрепера-катка с неполным числом гаек крепления колес</p> <p>Проверить или заменить ножи</p>

### Гидровиброуплотнитель НИИОМП

<p>Корпус виброулавки в средней части греется</p> <p>При включении электродвигатель вибратора гудит, вибрация отсутствует</p> <p>При включении преобразователя в сеть электродвигатель гудит, а ротор не вращается или вращается медленно</p>	<p>Заменить смазку в подшипниках</p> <p>Проверить электросеть и контактные соединения</p> <p>Разобрать и исправить выключатель; поставить новый предохранитель; зачистить клемму и жилу кабеля, хорошо затянуть клемму</p> <p>В случае тугого вращения вала произвести разборку и после этого тщательно собрать, не допуская перекосов подшипников. Если отсырели обмотки преобразователя, надо сдать его в мастерскую для сушки</p> <p>Проверить состояние смазки, добавить или заменить ее</p> <p>Внимательно осмотреть, найти и устранить замыкание</p> <p>Отрегулировать пружины или заменить новыми, очистить контактные кольца и щетки, заменить щетки</p>
<p>Статоры преобразователя сильно греются</p>	
<p>Греются щиты преобразователя</p>	
<p>При прикосновении к корпусу преобразователя бьет током</p>	
<p>Щетки преобразователя сильно искрят</p>	

Перед выездом машины на участок надо проверить давление шинным манометром ( а не постукиванием по шинам). Проверка давления в шинах при их нагреве не допускается.

Кромс того, в процессе производства работ надо останавливать машину и проверять состояние шин, удаляя камни, комья земли и другие предметы, застрявшие между двоянными шинами.

Останавливать машины надо в таких местах, где шины не будут подвергнуты воздействию топлива, смазочных материалов и других веществ, разрушающих резину.

При длительных стоянках шины должны освобождаться от нагрузки установкой машины на подпорки или снятием колеса с шинами. Через 500 ч работы шины следует переставлять с одной стороны машины на другую и спереди назад. Монтаж шин надлежит производить на площадке, подстелив брезент или доски.

Виды и последовательность ремонта камер на месте производства работ (в полевых условиях) приводятся в табл. 64.

Таблица 64

Ремонт камер на месте производства работ

Вид ремонта	Последовательность ремонта
Ремонт „холодным“ способом (без вулканизации) допускается в качестве временной меры. Заплаты, наложенные „холодным“ способом, должны быть как можно скорее заменены заплатами, наложенными „горячим“ способом	Очистить камеру от грязи и пыли. Смыть масляные пятна бензином и просушить камеру. Придать порезу овальную или круглую форму, вырезав равные кромки. Вырезать из резины заплату, перекрывающую поврежденное место на 20—25 мм со всех сторон. Край заплаты кругом срезать на пел. Рашпилем или проволочной щеткой загладить заплату и поверхность камеры вокруг поврежденного места. Обработанные поверхности камеры и заплаты очистить от пыли и ровно смазать жидким резиновым клеем. Просушить в течение 20—30 мин при температуре 15—18°С (в холодную погоду время сушки увеличить в 1,5—2 раза). Смазать вторично резиновым клеем и повторно просушить. Наложить заплату одним краем и постепенно прижать ее к камере другим краем, избегая образования складок и по-

Вид ремонта	Последовательность ремонта
Ремонт „горячим“ способом	<p>падания воздуха между склеиваемыми поверхностями. Накачать воздух и проверить, не выходит ли он из камеры.</p> <p>Очистить камеры от грязи и пыли. Придать прорезу овальную или круглую форму, вырезав рваные крошки. Заложить вырез кусочком старой камерной резины. Рашпилем или проволочной щеткой загладить поверхность камеры вокруг поврежденного места, включая кусочек резины, заполняющий вырез. Обработанные поверхности очистить от пыли. Положить камеру на площадку струбцины шероховатой поверхностью кверху. Наложить на шероховатую поверхность вулканизационный брикет и заплату из резины. Завернуть прижимной винт, следя за тем, чтобы камера под заплатой не имела складок. Слегка разрыхлить горячую массу в центре брикета и поджечь ее. Дать остыть в течение 10—15 мин после сгорания брикета, отвинтить прижимной винт, удалить чашечку брикета и дать остыть камере еще 5—10 мин. Накачать воздух и проверить, не выходит ли он из камеры.</p>

Камеры, отремонтированные в полевых условиях, по возвращении машины на базу, подлежат замене исправными и проверенными.

**Уход за канатами.** Нельзя допускать сбрасывания бухты при транспортировке, так как при этом можно повредить отдельные пряди каната.

При размотке бухты нельзя допускать образования петель и скруток;

Разматывать бухту следует, вращая ее барабан относительно вертикальной или горизонтальной оси либо перекатывая бухту. Если эти способы неприменимы и приходится снимать канат с бухты витками, необходимо одновременно раскручивать канат, делая столько оборотов, сколько снято витков.

Нельзя хранить и оставлять канат даже на короткое время на грунте. Канат при этом загрязняется и быстро ржавеет.

Перед обрубкой нужной длины каната следует во



избежание раскручивания концов перевязать их мягкой огощенной проволокой.

Перед запасовкой каната на машине необходимо смазать его канатной мазью, очистив предварительно от грязи, пыли и засохшей смазки. При работе в сухую погоду на пылеватых грунтах не рекомендуется смазывать канат, так как смазка способствует налипанию грязи. В этом случае лучше пропитать его смазкой и насухо вытереть. Следует применять непрерывную запасовку каната, не отрезая рабочий канат от запасного.

Блоки должны свободно вращаться от руки; канат, проходя по блокам, не должен задевать за щеки блочных обойм и элементы конструкции машин.

Не следует допускать быстрого падения отвала гидровиброуплотнителя и ковша скрепера-катка во избежание раскручивания каната с барабана и образования петель.

**Смазка механизмов.** Для смазки грунтоуплотняющих машин применяются различные смазочные масла. Правильное применение установленных для каждой марки машины нефтепродуктов является одним из важных условий эффективного ее использования. Топливо и смазочные масла являются ценными материалами, и их экономия имеет большое народнохозяйственное значение. Для экономичного расходования смазочных материалов необходимо:

выполнять по графику и в полном объеме техническое обслуживание и ремонт грунтоуплотняющих механизированных средств, тем самым обеспечивая их исправное состояние,

устранять все неисправности;

применять для заправки только предусмотренные в заводской инструкции сорта смазочных материалов;

устранять течь и поддерживать герметичность всех топливопроводов;

применять рациональные схемы производства работ;

смазывать машины, учитывая, что при недостаточной смазке увеличивается расход топлива и снижается производительность машины.

При полной смене смазки следует удалить старую смазку, промыть корпус керосином и лишь затем заправлять свежую смазку.

При смазке механизмов следует руководствоваться указаниями, приведенными в табл. 65—67.

Смазка кулачковых катков Д-130Б и Д-220

Каток	Смазываемый узел	Место смазки	Количество смазываемых точек	Смазка	Периодичность смазки
Д-130Б	Валец	Подшипники	2	УС-2	Через 8—10 ч
Д-220	Вальцы	"	4	УС-2	То же

Таблица 66

Смазка катков на пневмоколесном ходу Д-219

Смазываемый узел	Место смазки	Количество смазываемых точек	Смазка	Периодичность смазки
Сцепное устройство	Серьга и шкворень рабочей сцепки	2	УС-2	Через 200 ч
То же	Шарниры транспортной сцепки	2	УС-2	То же
Домкрат	Ось	1	УС-1	"
Запасное колесо	Шарнир крепления	2	УС-2	"
Кузов	Шарнир откидных стенок	12	УС-2	"
Колеса	Подшипники	4	УС-2	"
Кузов	Замки	8	УС-2	"
Домкрат	Винт	1	УС-2	"

Таблица 67

Смазка катка на пневмоколесном ходу Д-326 и скрепера-катка

Смазываемый узел	Место смазки	Количество смазываемых точек	Смазка	Периодичность смазки
------------------	--------------	------------------------------	--------	----------------------

Каток Д-326

Задний подшипник	Полость подшипника	5	УС-2	Через 400 ч
Эксцентриковый палец	Гнездо пальца	10	УС-2	То же
Люк	Гнездо пальца крюка	10	УС-2	"
"	Шарнир	20	УС-2	"
Колесо	Втулка оси колодки	4	УС-2	Через 200 ч
"	Подшипники	10	УС-2	То же
"	Втулка оси кулака	2	УС-2	"

Смазываемый узел	Место смазки	Количество смазываемых точек	Смазка	Периодичность смазки
Колесо	Палец регулировочно-го рычага и вилки	2	УС-2	"
Тормоз	Палец вилки тяги	2	УС-2	"
"	Палец рычага	4	УС-2	"
"	Палец рычага и тормозной камеры	2	УС-2	"
Амортизатор	Палец головки	5	УС-2	"
Тормоз	Рукоятка тормозного крана	1	УС-2	"
Домкрат	Шарнир головки	1	УС-2	"
"	Винт	1	УС-2	"
"	Ушко	1	УС-2	Через 400 "
"	Подшипник	1	УС-2	" 200 "
"	Шарнир опоры	1	УС-2	" 400 "
Сцепка	Втулка	2	УС-2	" 200 "
Амортизатор	Штанга	5	УС-2	То же
Направляющий крошителей	Поверхность направляющей	5	УС-2	"
Амортизатор	Шаровая опора	5	УС-2	"
Дверка	Ось петли	1	УС-2	Через 400 "
"	" защелки	1	УС-2	То же
Скрепер-каток				
Колесо	Подшипники ступиц	6	УС-2	Через 200 "
Дышло	Шкворни	4	УС-2	Через 48—50 "
Канатно-блочная система	Оси блоков и шарниров	25	УС-2	Через 8—10 "
То же	Канаты	6	ИК	Через 48—50 "
Ковш	Шарниры подъема дна	3	50% АК-15, 50% УС-2	Через 48—50 "

**Транспортировка машин.** Грунтоуплотняющие машины могут транспортироваться по железной дороге, на автомашинах, на прицепах-тяжеловозах и своим ходом.

По железной дороге машины перевозят на значительное расстояние. После погрузки на платформу под колеса или гусеницы машин с обеих сторон закладывают деревянные упоры, прибиваемые к полу платформы. Машины закрепляют проволочными растяжками, состоящими из нескольких нитей каждая.

Своим ходом машины на гусеничных тракторах могут передвигаться до 3 км с весьма ограниченными скоростями, как правило, не более 5 км/ч.

Машины на пневматическом ходу прицепные и самоходные — можно транспортировать на более высоких скоростях и на большие расстояния. Скорость машин на пневмоколесном ходу допускается по хорошим дорогам до 30—35 км/ч, дальность перевозки до 50—100 км.

После погрузки скрепера-катка на железнодорожную платформу ковш опускается на пол до ослабления каната. Машина крепится растяжками в четыре нитки каждая; спереди за раскосы и боковые скобы платформы, а сзади за буфер и торцовые скобы. Под гусеницы трактора и под колеса скрепера кладутся упорные брусья, прибиваемые гвоздями к полу платформы. Ящик с запасными частями устанавливают между гусеницами под лебедкой и крепят к платформе гвоздями.

Каждый кулачковый каток Д-130Б следует крепить четырьмя растяжками, подложив под барабан по два опорных бруса, а с торцов барабана прибить к полу платформы упорные брусья.

Бандажи и дышла кулачкового катка Д-220 надлежит снять и уложить на пол платформы. Каток следует крепить восемью растяжками, подложив под барабан опорные брусья, закрепленные скобами к полу платформы.

Каток на пневмоколесном ходу Д-219 крепится к платформе четырьмя растяжками. Под крайние колеса катка подкладываются упорные брусья, прикрепляемые скобами к полу платформы.

Каток на пневмоколесном ходу Д-263 надлежит крепить к платформе восемью растяжками, под колеса следует подложить упорные брусья, а под дышла — опорные брусья, закрепленные скобами к полу платформы.

Трактор и отвал гидробивроуплотнителя НИИОМТП следует крепить четырьмя растяжками. Каждую гусеницу трактора спереди и сзади закрепить упорными брусками, которые необходимо прибить к полу платформы.

---

---

## Глава пятая

# КОНТРОЛЬ ЗА УПЛОТНЕНИЕМ ГРУНТОВ

### § 1. Общая часть

При возведении насыпей с нормируемой плотностью грунт должен укладываться в сооружении с той плотностью, которая принята в проекте; при использовании типовых проектов необходимая плотность грунта должна устанавливаться на месте, при привязке проекта к местным условиям.

Наиболее распространенным методом контроля за уплотнением грунта является метод режущих колец, основанный на взятии проб уплотненного грунта для определения веса и влажности.

Если грунт содержит гравелистые и более крупные фракции, то объемный вес его определяется взвешиванием выбранного грунта из шурфика (лунки) и определения объема шурфика заполнением материалом, объемом которого измеряется.

Достигнутое уплотнение грунта оценивается коэффициентом уплотнения, определенным по формуле

$$K = \frac{\gamma}{\gamma_k}, \quad (52)$$

где  $K$  — коэффициент уплотнения;

$\gamma$  — объемный вес скелета грунта, полученный после уплотнения, в  $г/см^3$ ;

$\gamma_k$  — заданный контрольный объемный вес скелета грунта в  $г/см^3$ .

При устройстве грунтовых подсыпок под полы, обратных засыпок котлованов и траншей, возведении насыпей с нормируемой плотностью постоянно проверяется соответствие производимых работ проекту и требованиям технических условий, а также качество подготовки оснований и грунта, степень его уплотнения и влажность.

За качеством работ по укладке и уплотнению грунта должны вестись систематические наблюдения работниками грунтовой лаборатории.

На грунтовую лабораторию также возлагаются:

1) проверка качества грунтов в выемках, карьерах и резервах для возможного их использования на отсыпке насыпей;

2) проведение пробного уплотнения грунтов для уточнения требуемого количества ударов (проходов) грунтоуплотняющих машин и толщина отсыпаемого слоя грунта;

3) участие в освидетельствовании скрытых работ и в их приемке.

Штат грунтовой лаборатории должен определяться из расчета объема земляных работ, протяженности сооружения и отдаленности лаборатории от места отбора проб.

На односменной работе штат лаборатории должен примерно состоять из одного старшего лаборанта, исполняющего обязанности начальника лаборатории, и лаборантов, из расчета один лаборант на 800—1000 м<sup>3</sup> укладываемого за смену грунта в сооружении при условии расположения лаборатории вблизи места отбора проб. Если работы производятся в нескольких местах, то по условиям производства работ возможно увеличение количества лаборантов.

Ответственным лицом грунтовой лаборатории является старший лаборант, в обязанности которого входят проверка правильности отбора проб, наблюдение за определением характеристики грунта, проверка подсчетов, ведение журнала и отчетности, а также хранение лабораторного оборудования и наблюдение за его исправностью.

В обязанности лаборантов должно входить дежурство на месте производства работ, отбор проб грунта, производство лабораторных анализов, содержание в порядке рабочего места и оборудования.

Для осуществления контроля за плотностью грунта полевая лаборатория должна иметь следующее (приблизное) оборудование (в шт.).

Весы чашечные на 2 кг с набором гирь . . . . .	1
Весы технические на 500 г или 200 г с разновесом . . . . .	1
к ним . . . . .	1
Сушильный шкаф . . . . .	1

Сушильные стаканчики стеклянные или алюминиевые с крышками (боксы диаметром 35—40 мм и высотой 35—40 мм для определения влажности)	60
Металлические кольца для отбора проб	20
Молоток весом 0,5 кг	1
Ножи почвенные	3
Мешочки	20
Рюкзак	1
Метр складной	1
Рулетка 10-20	1
Лопатка штыковая	1
Ведро	1

Контролем за качеством укладки грунта устанавливается соответствие выполняемых работ проектно-технической документации и технических условий на производство работ.

При контроле проверяется: а) качество выполненных работ по подготовке основания; б) соответствие состава грунта принятому в проекте; в) наличие в отсыпанном слое растительных и гумусированных грунтов, торфа, древесины, корней и сильно минерализованных переувлажненных и засоренных строительным мусором грунтов; г) толщина укладываемого слоя; д) соответствие толщины слоя отсыпаемого грунта принятому способу уплотнения; е) количество проходов или ударов грунтоуплотняющих механизированных средств по уложенному слою; ж) соответствие типа и веса грунтоуплотняющих средств установленным нормам; з) подготовка поверхности ранее уплотненного слоя для отсыпки на него последующего слоя.

Все данные, характеризующие степень уплотнения грунта и толщину слоев, следует заносить в журнал контроля за уплотнением, который должен заверяться производителем работ и храниться на строительстве.

В процессе подготовки оснований проверяется качество грунтов основания, тщательность очистки их поверхности от растительного слоя, удаление линз и прослоек сильно засоленных грунтов или илистых отложений и т. д.

Отбор образцов из оснований для определения состава и плотности грунтов производится из шурфов на глубине 0,5 м и более по сетке, определяемой по месту и в зависимости от литологического состава пород; при однородных грунтах отбор производится с каждого угла всех квадратов со стороной 50—100 м, а при неоднородных грунтах кроме проб с каждого угла указанных ква-

дратов отбираются пробы со всех участков с различными грунтами. При обнаружении в основании ходов землероев (грызунов) нарушенный слой его взрыхляется, а после увлажнения уплотняется.

Величина отсыпаемого слоя проверяется мелким шурфованием с замером его толщины или погружением металлического стержня (щупа) в свежесыпанный слой до уплотненной поверхности предыдущего слоя.

Контроль за качеством уплотнения грунта должен состоять: а) из отбора проб из уплотненного слоя и определения по ним объемного веса скелета грунта; б) сопоставления полученных по каждой пробе объемных весов скелета грунта с заданным в проекте контрольным весом.

Распределение проб как в плане, так и по высоте при устройстве грунтовых подсыпок под полы, обратной засыпки котлованов и траншей при возведении насыпей

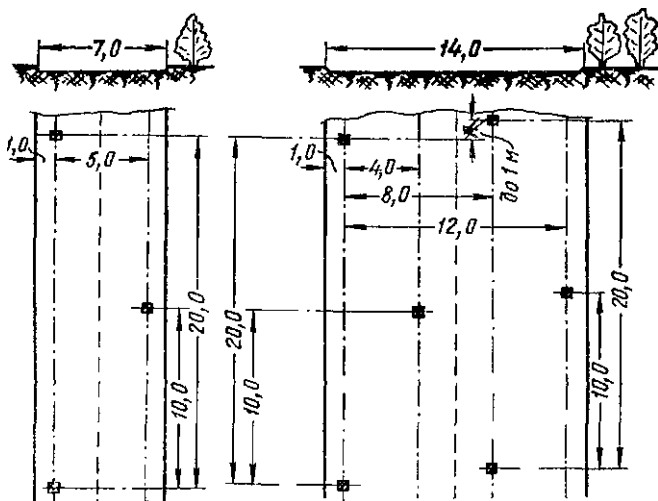


Рис. 60. Схема расположения шурфов для отбора проб

должно быть равномерным, с тем чтобы этими пробами была обеспечена проверка степени плотности всех слоев грунта в различных частях сооружения.

Количество отбираемых проб или проверка объемного веса скелета уплотненного грунта устанавливается в зависимости от характера и объема работ, характеристики грунта и местных условий.



Ориентировочно количество отбираемых проб принимается следующим:

а) на дорожной насыпи пробы берутся на расстоянии 20 м с обеих сторон проезжей части (рис. 60);

б) на насыпях вертикальной планировки пробы отбираются в шахматном порядке через 20—40 м;

в) в засыпаемых траншеях пробы берутся по оси траншей;

г) в обратных засыпках пазух, возле граней сооружений, пробы отбирают на расстоянии от них не более 0,2 м.

При устройстве песчаных подушек, являющихся искусственным основанием под фундаментами здания, особое внимание должно уделяться уплотнению песка в углах котлована или траншей.

Пробы песка отбираются из песчаной подушки через каждые 0,5 м по глубине под углами зданий и через 8—12 м вдоль осей стен или рядов колонн.

При толщине уплотняемого слоя до 30 см пробы отбираются из его средней части. При большой толщине уплотняемого слоя производят отбор двух проб по высоте слоя. При линейных работах пробы рекомендуется отбирать в шахматном порядке.

Место отбора пробы должно фиксироваться замером расстояний от осей сооружения или других разбивочных знаков. При отборе проб в полевую книжку записывают следующие данные: дата отбора пробы, пикет, расстояние от оси сооружения, номер цилиндра.

В случае недоуплотнения грунта выясняются причины и принимаются меры к доведению его необходимой плотности.

Недоуплотнение может быть вызвано следующими причинами:

а) недостаточной или избыточной влажностью грунта;

б) нарушением правил производства работ и неправильным использованием грунтоуплотняющих механизированных средств для данных типов грунтов;

г) недостаточностью затраченной работы грунтоуплотняющих механизированных средств.

Доуплотнение грунта должно быть выполнено увеличением числа проходов (ударов) уплотняющих машин с обеспечением требуемой влажности грунта.

Качество выполняемых работ по уплотнению грунтов признается удовлетворительным, если количество проб

с плотностью грунта, отклоняющейся в сторону понижения от заданной проектом, не превышает 10% общего количества проб, взятых на данном участке, и если объемный вес скелета грунта в пробах с пониженной плотностью не превышает по абсолютной величине  $0,05 \text{ г/см}^3$ .

На просадочных грунтах приемка работ по поверхностному уплотнению грунтов тяжелыми трамбовками производится после дополнительного уплотнения разрыхленного слоя грунта у поверхности.

Качество работ проверяется путем контрольного определения отказа в любом пункте котлована под фундаментом. Уплотнение признается удовлетворительным, если понижение отметки основания под действием удара трамбовки не превышает величины установленного отказа.

Контрольное определение отказа производится двумя ударами трамбовки при сбрасывании ее с высоты, принятой при производстве работ, но не менее 4 м.

Если по данным контрольного трамбования замеренная величина отказа окажется больше принятой, производится дополнительное трамбование.

В зимнее время года дополнительно проверяется выполнение условий в части количества мерзлых комьев грунта, допускаемого в насыпь или при засыпке траншей, а также должны производиться дополнительные наблюдения за температурой воздуха, температурой грунта, количеством осадков, направлением и скоростью ветра. Кроме того, необходимо вести наблюдение за состоянием насыпи во время строительства и в весенне-летний период, до полного ее оттаивания.

Общее количество (в %) допускаемого в насыпи мерзлого грунта должно составлять (не более):

для железнодорожных насыпей, если покрытие устраивается после осадки насыпи . . . . .	50
то же, если покрытие устраивается вслед за отсыпкой . . . . .	20
для автодорожных насыпей . . . . .	30
„ безнапорных дамб и защитных берм . . . . .	20
„ присыпок к существующим насыпям . . . . .	30
„ насыпей при планировке площадок . . . . .	80
то же, в пределах расположения железных дорог, проездов с дорожными покрытиями и тротуаров . . . . .	30

Количество мерзлых комьев в грунте, которым засыпаются пазухи, между стенками котлована (траншей)

и возведенным в нем фундаментом или иной конструкцией, не должно превышать 15% общего объема засыпки; при засыпке пазух внутри зданий применение мерзлого грунта не допускается.

Засыпка нижней части траншей, в которую уложен трубопровод, производится на высоту 0,5 м над трубопроводом без применения мерзлого грунта; для засыпки верхней части траншей мерзлый грунт допускается в количестве не более 15% общего объема засыпки. Применение мерзлого грунта не допускается при засыпке траншей в пределах проездов, имеющих дорожное покрытие.

Основания под насыпи дорог перед отсыпкой грунта должны быть очищены от снега и льда, а ямы засыпаны талым грунтом, однородным с грунтом основания, и тщательно уплотнены.

При отсыпке насыпей надо проверять соблюдение следующих требований:

а) комья мерзлого грунта крупнее 15 см должны быть разбиты;

б) лед и снег необходимо удалять;

в) укладка мерзлого грунта на расстоянии ближе 1 м от поверхности откосов насыпи не должна допускаться;

г) верхние слои насыпи должны быть отсыпаны из непучинистого талого и хорошо пропускающего воду грунта на толщину, устанавливаемую проектом.

Содержание мерзлых комьев в грунте, т. е. отношение веса мерзлых комьев к весу всей пробы, определяют на пробе размером  $0,6 \times 0,5 \times 0,3$  м. Весь грунт пробы просеивают сквозь сито с размером отверстий 25 мм, из остатков грунта на сите вручную отбирают комья талого грунта. Оставшийся грунт и будет его мерзлой частью.

## § 2. Метод режущих колец

Контроль за уплотнением грунта в процессе производства работ методом режущих колец производится сравнением объемного веса скелета грунта, отобранного из насыпи, с плотностью грунта, которая была задана в проекте сооружения.

При отборе проб необходимо обеспечить сохранность структуры и плотности грунта, которые он имеет в насыпи.

Для отбора проб применяется грунтоотборник, состоящий из режущего кольца, приспособления для отбора проб и ударника с подвижным грузом (рис. 61). Отбор проб грунта производится следующим образом.

Снимают лопатой верхний слой толщиной в 4—5 см уплотненного грунта, выравнивают зачистным ножом поверхность грунта и ставят на него грунтоотборник в собранном виде. Затем ударником погружают кольцо в грунт до тех пор, пока поверхность грунта не окажется на 3—5 мм выше края кольца.

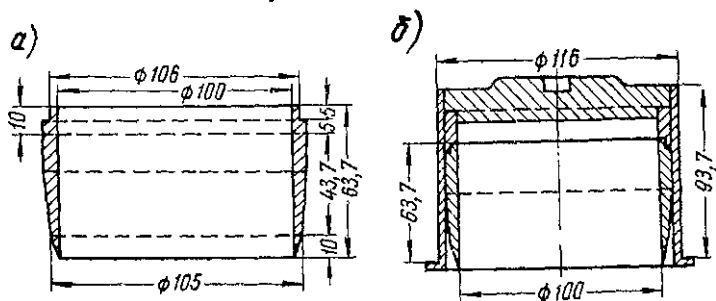


Рис. 61. Оборудование для отбора пробы грунта без нарушения его структуры

а — кольцо для отбора проб; б — приспособление к кольцу для отбора проб

Для облегчения погружения грунтоотборника рекомендуется постепенное подкапывание грунта ножом с таким расчетом, чтобы образовался грунтовой столбик диаметром несколько большим, чем диаметр кольца. Затем осторожно вынимают кольцо вместе с грунтом. Грунт, выступающий с верхней и нижней сторон, срезают ножом вровень с краями кольца. В случае перекося или неполного заполнения кольца образец отбирается вторично.

Для получения наиболее вероятного веса грунта в одном и том же месте каждая проба берется в двух образцах. Пробы отбираются возможно ближе друг к другу: расстояние между ними не должно превышать 50 см. Эти пробы помечаются одними номерами, но с разными литерами (А и Б).

По мере деформации кольца необходимо периодически производить определение его емкости и габаритов — высоты, диаметра; результаты измерения вносят в тари-

ровочный журнал и принимают во внимание при дальнейшем подсчете веса грунта.

Определение объемного веса грунта производят не позднее чем через 1 ч после отбора проб.

Кольцо с грунтом взвешивают на весах с точностью до 1 г. Из веса кольца с образцом отнимают вес кольца и получают чистый вес грунта.

Объемный вес влажного грунта определяется по формуле

$$\gamma_{об} = \frac{P_1 - P_2}{V} \text{ г/см}^3, \quad (53)$$

где  $P_1$  — вес влажного грунта с кольцом в г;

$P_2$  — вес пустого кольца в г;

$V$  — объем грунта, равный внутреннему объему кольца, в  $\text{см}^3$ .

Вычисление объемного веса производится с точностью до 0,01  $\text{г/см}^3$ . За величину объемного веса грунта принимается среднее арифметическое из двух параллельных определений.

Расхождения в параллельных определениях в  $\text{г/см}^3$  допускаются (не более):

для однородных грунтов . . . . . 0,03  
» разнородных » . . . . . 0,06

Результаты определения записываются в журнал, составляемый по следующей форме.

Дата взятия пробы грунта	№ пробы	Место взятия пробы грунта	Глубина взятия пробы в м	Номер цилиндра	Вес цилиндра в г	Объем цилиндра в $\text{см}^3$	Вес цилиндра с грунтом в г	Вес грунта в г	Объемный вес грун- та в $\text{г/см}^3$	Влажность грунта в %		Объемный вес осе- диста грунта в $\text{г/см}^3$	Подпись исполни- теля
										в пробе	средняя		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Кольцо, с помощью которого отбираются образцы грунта, обеспечивает качественный отбор проб лишь связных грунтов, так как в этом случае при вдавливании кольца в грунт его уплотнение происходит только снаружи, а не внутри кольца; частицы, оказавшиеся под режущей кромкой, могут одинаково смещаться в обе стороны.

Для несвязного грунта, состоящего из относительно крупных частиц, это положение не подтверждается, что видно из анализа схемы (рис. 62) расположения кромки кольца и частиц грунта (взятых в первом приближении в виде шаров одинакового диаметра).

Перемещение частицы 1, расположенной на вертикали, проходящей через кромку цилиндра, происходит под действием давления кромки и сил, действующих со стороны частиц 2 и 3. Воздействие частицы 2, испытывающей давление конической поверхности *A*, на частицу 1 приведет к ее проталкиванию внутрь цилиндра. Воздействие частицы 3 на частицу 1 будет значительно меньше, так как оно вызывается только трением частицы 3 по вертикальной стенке *B*. Следовательно, при вдавливании цилиндра в грунт происходит дополнительное его уплотнение внутри цилиндра и структура грунта нарушается тем интенсивнее, чем больше угол заострения кромки и размер частиц грунта и чем меньше диаметр цилиндра.

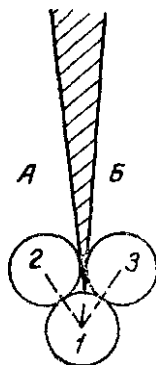


Рис. 62. Схема расположения кромки режущего кольца и частиц грунта

При размере частиц грунта 2 мм и диаметре кольца 100 мм погрешность при определении объемного веса составит не менее 2%.

Поэтому для отбора проб в несвязных грунтах заслуживает внимания конструкция прибора Новосибирского инженерно-строительного института, которая позволяет отбирать непосредственно в шурфах образцы песчаных грунтов ненарушенной структуры. Прибор состоит из трех отдельных колец, соединенных между собой на фланцах. Между кольцами имеются прорезы, в которые при взятии образца грунта вставляются стальные задвижки.

Образцы песчаного грунта берутся следующим образом. На дне шурфа устанавливается прибор, который затем вдавливается в грунт до уровня первого фланца. Затем вокруг прибора срезается грунт, одновременно прибор вдавливается в него до тех пор, пока его верх не будет находиться на уровне поверхности дна шурфа. После погружения прибора в грунт вставляются нижняя, а

затем верхняя задвижки. В результате проделанной работы в среднем кольце прибора будет находиться отобранный песчаный грунт ненарушенной структуры.

Влажность грунта определяется в стеклянных или алюминиевых сушильных стаканчиках с крышками, предварительно высушенных, пронумерованных и взвешенных на технических весах. Веса сушильных стаканчиков вписываются в тариловочный журнал. Тариловку алюминиевых сушильных стаканчиков следует производить один раз в месяц, тариловку стеклянных сушильных стаканчиков — один раз в два месяца. После взвешивания кольца с грунтом из средней части образца берут две пробы весом 15—25 г и помещают их в заранее взвешенные сушильные стаканчики, которые немедленно закрывают крышками.

Пробы в сушильных стаканчиках взвешивают и сушат с открытой крышкой в сушильном шкафу при температуре 100—105°.

Продолжительность сушки принимается для песчаных грунтов 2 ч, для глинистых грунтов 5 ч.

После окончания сушки сушильный стаканчик извлекают из сушильного шкафа, закрывают крышкой и переносят на лабораторный стол для охлаждения до комнатной температуры. Охлажденный сушильный стаканчик с грунтом снова взвешивают на технических весах.

Для глин производят повторное высушивание в течение 2 ч. Если разница между двумя взвешиваниями будет более 0,02 г, то сушку снова повторяют, причем сушильные стаканчики выдерживают в сушильном шкафу каждый раз не менее 2 ч. Взвешивание производят с точностью до 0,01 г.

Влажность вычисляют по формуле

$$W = \frac{g_1 - g_2}{g_2 - g} 100\%, \quad (54)$$

где  $g_1$  — вес стаканчика с крышкой и влажным грунтом в г;

$g_2$  — вес сушильного стаканчика с крышкой и высушенным грунтом в г;

$g$  — вес пустого сушильного стаканчика с крышкой в г.

Для каждого образца грунта из одного кольца производят два определения влажности. За влажность образца грунта принимают среднее арифметическое из двух

определений. Результаты определения влажности вписывают в журнал, составленный по следующей форме.

Дата	Номер пробы	Номер цилиндра	Номер сушильного стакачика	Вес сушильного стакачика в г	Вес сушильного стакачика с влажным грунтом в г	Вес сушильного стакачика с аналитическим грунтом в г	Вес сухого грунта в г	Вес влаги в г	Влажность в %	Средняя влажность в %	Подпись исполнителя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Процент влажности можно находить по графику рис. 63, зная вес воды в образце и вес образца после высушивания.

**Пример.** Вес воды в грунте 4,1 г, вес сухого грунта 18,2 г. Процент влажности согласно графику будет равен 22,5%.

Объемный вес скелета грунта  $\gamma$  определяется расчетным путем на основе полученных данных объемного веса грунта и его влажности по формуле

$$\gamma = \frac{\gamma_{об}}{1 + 0,01W} \text{ г/см}^3, \quad (55)$$

где  $\gamma_{об}$  — объемный вес грунта в г/см<sup>3</sup>;  
 $W$  — влажность в %.

Объемный вес скелета грунта можно определить из графика рис. 64 по данным влажности грунта и его объемному весу.

**Пример.** Влажность грунта 16%, объемный вес грунта 2,09 г/см<sup>3</sup>. Объемный вес скелета грунта согласно графику будет равен 1,75 г/см<sup>3</sup>.

При расхождении в объемном весе обоих образцов пробы до 2% (по отношению к меньшему весу скелета) при расчетах следует пользоваться средним из двух показаний.

В случае расхождения показаний обоих образцов свыше 2% выясняется причина возможного отклонения от нормы в одном из образцов, который бракуется, и все расчеты делаются по другому образцу. Если причина не установлена, отбор образцов пробы надлежит повторить и произвести новое определение.



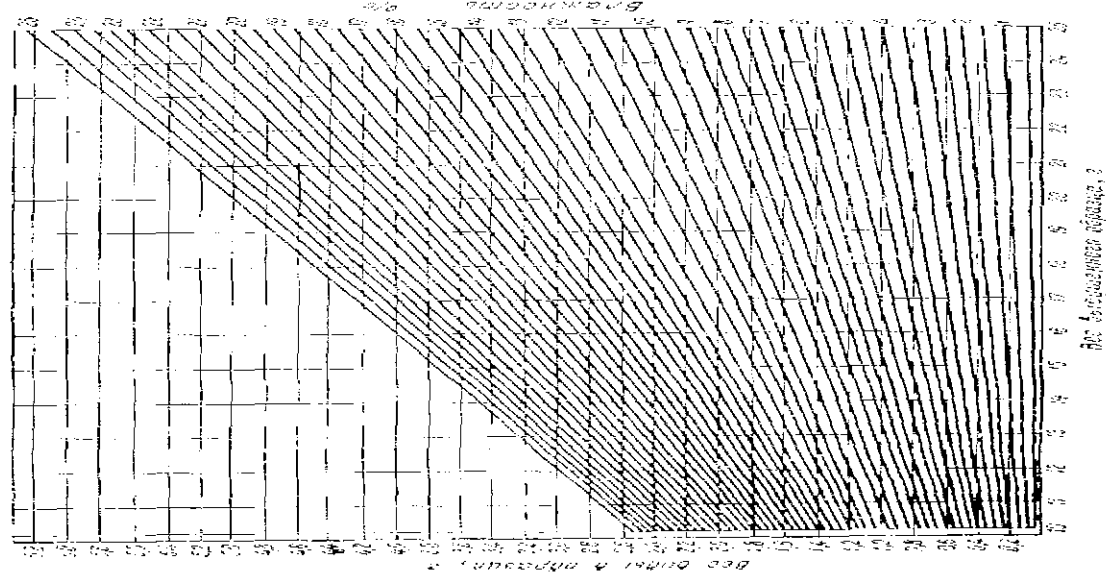
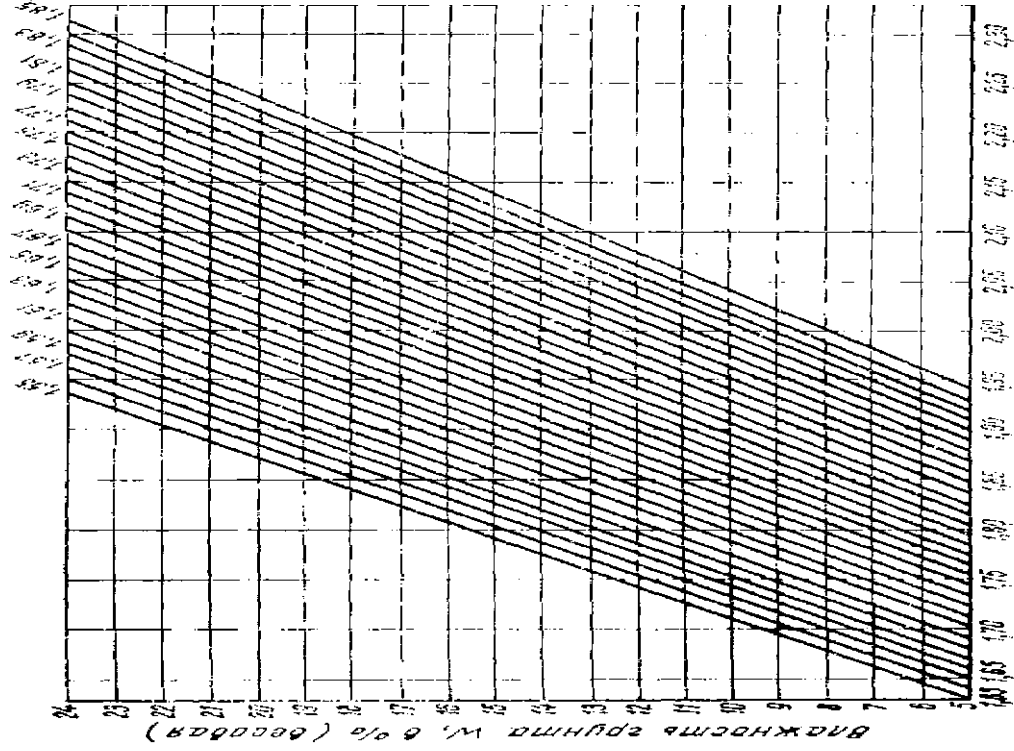


FIG. 63. Beech & maple  
Branched spruce

Объемный вес сухого грунта (г/см<sup>3</sup>)



Объемный вес сухого грунта (г/см<sup>3</sup>)

Рис. 31. График для определения влажности по массе грунта

Чтобы не снижать темпов работ по отсыпке и уплотнению грунта и не ставить их в зависимость от скорости получения окончательных результатов лабораторных испытаний отобранных образцов, предварительное значение плотности грунта можно определить исходя из фактического объемного веса  $\gamma$  и средней влажности грунта  $W_{\text{ср}}$  по результатам предшествующих лабораторных испытаний. Значение объемного веса скелета грунта в этом случае определяется по формуле

$$\gamma = \frac{\gamma_{\text{об}}}{1 + W_{\text{ср}}} . \quad (56)$$

Отчетность по контролю за качеством уплотнения грунта методом режущих колец должна заключаться в ведении журнала итоговых данных и передаче сводок результатов лабораторных определений плотности и влажности грунта за каждую смену производителю работ.

Производителю работ сообщают замеченные во время отбора проб и проверки качества уплотнения все недостатки по составу и влажности грунта, порядку его отсыпки и уплотнения.

Если грунт доуплотнялся и отбирались повторные пробы, то и в итоговый журнал вносятся величины объемного веса и влажности, полученные после отбора повторных проб.

Данные, внесенные в итоговый журнал, входят в техническую документацию, используемую при сдаче сооружения в эксплуатацию.

### § 3. Метод УкрДОРНИИ

Для ускоренного определения плотности грунта можно пользоваться методом УкрДОРНИИ при помощи плотномера-влажмера, работа которого основана на принципе гидростатического взвешивания.

Указанный прибор рекомендуется применять для песчаных грунтов, супесей и суглинков. Для тяжелых суглинков и глин он малоэффективен в связи с длительностью времени, затрачиваемого на размешивание грунта с водой.

Основными частями этого прибора (рис. 65) являются латунный поплавок с трубкой, латунный сосуд, режущее кольцо, ведро-футляр, замок, нож, воронка.

На трубке поплавка нанесены четыре шкалы «ВЛ»,

«Ч», «П» и «Г» Первая шкала «ВЛ» служит для определения объемного веса влажного грунта; шкалы с пометками «Ч», «П» и «Г» служат для определения плотности грунтов.

Процесс определения объемного веса грунта посредством влагомера-плотномера заключается в следующем.

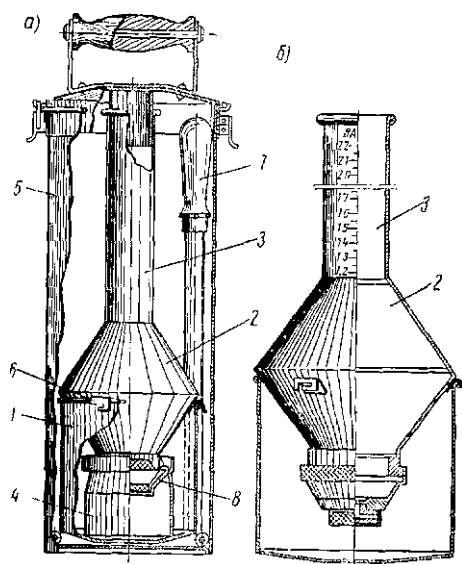


Рис 65 Плотномер-влагомер

а — общий вид, б — поплавков с сосудом,  
1 — латунный сосуд, 2 — латунный поплавок,  
3 — трубка поплавка, 4 — грунтос (режущий стальной цилиндр), 5 — ведро футляр,  
6 — замок, 7 — нож, 8 — воронка

При помощи режущего кольца объемом  $200 \text{ см}^3$  берут пробу грунта, которую переносят с помощью воронки и ножа через трубку в поплавок; затем поплавок (без нижнего сосуда) погружают в ведро-футляр с водой и грунт распределяют внутри поплавка ножом так, чтобы трубка стояла вертикально. По шкале с пометкой «ВЛ» на уровне воды делают отсчет, который будет собой представлять объемный вес грунта в естественном состоянии  $\gamma_{об}$ .

Для определения плотности пробу перекладывают в сосуд и размешивают в воде с таким расчетом, чтобы об-

разовавшаяся суспензия заполнила примерно  $\frac{4}{5}$  емкости сосуда. После окончания размешивания не должно оставаться комков грунта. Затем сосуд соединяют с поплавком и погружают вместе с ним в воду, налитую в ведро-футляр. Вода через зазор между поплавком и сосудом заполнит последний полностью и прибор погрузится в воду до определенного уровня. По шкале, расположенной на трубке поплавка и соответствующей типу грунта, на уровне воды берется отсчет, который и будет представлять собой искомую плотность грунта, взятого режущим кольцом. Плотномер-влажномер позволяет определять влажность грунта в естественном состоянии вычислением по формуле

$$W = \frac{\gamma_{об} - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}} 100. \quad (57)$$

#### § 4. Метод НИИМосстроя

Скоростной метод НИИМосстроя может применяться для определения степени уплотнения песчаных грунтов при влажности, близкой к оптимальной.

Для сухих грунтов (при уплотнении в грунтоотборнике грунт рассыпается) и переувлажненных (при уплотнении на поверхности грунта в грунтоотборнике появляется вода) метод НИИМосстроя для определения степени уплотнения не применяется.

Степень уплотнения грунта определяется по изменению его объема после трамбования грузом определенной величины непосредственно в грунтоотборнике.

При постоянной площади сечения грунтоотборника изменение объема характеризуется изменением высоты уплотняемого образца грунта или величиной осадки.

Коэффициент уплотнения  $K$  определяется по формуле

$$K = 1 - \frac{\Delta}{h}, \quad (58)$$

где  $h$  — высота первоначального наполнения грунтоотборника, равная 64 мм;

$\Delta$  — осадка грунта после 30 ударов в мм.

Величина  $K$  в зависимости от  $\Delta$  при постоянной высоте  $h$ , равной 64 мм, приведена в табл. 68.

Проба отбирается из шурфа при помощи грунтоотборника (рис. 66), который состоит из режущего кольца 1, съемного кольца 2, поддона 3, крышки 4, направляющего

Таблица 68

Зависимость коэффициента  
уплотнения от величины осадки  
грунта

$\Delta$ в мм	K	$\Delta$ в мм	K
1	0,99	9	0,87
2	0,97	10	0,85
3	0,96	11	0,84
4	0,94	12	0,82
5	0,93	13	0,80
6	0,91	14	0,78
7	0,90	15	0,77
8	0,88		

После этого грунтоотбор-  
ник окапывается со всех сто-  
рон почвенным ножом и осто-  
рожно вынимается из грунта  
без снятия крышки и съемного  
кольца. Зачистив ножом грунт  
заподлицо с нижней кромкой  
режущего кольца, его ставят  
на поддон и закрепляют винта-  
ми так, чтобы не было зазора  
между дном и нижней кромкой  
цилиндра.

Только после этого снима-  
ется крышка, съемное кольцо  
зачищается заподлицо с верх-  
ней кромкой режущего кольца.

Подготовленное таким об-  
разом режущее кольцо с под-  
доном ставится на доску или  
плотный грунт. Сверху на ре-  
жущее кольцо снова надева-  
ется съемное кольцо и произ-  
водится уплотнение 30 удара-  
ми подвижного груза, который  
поднимается до ограничителя на высоту 30 см.  
После уплотнения съемное кольцо снимается и в режу-

стержня 5 с уплотните-  
лем, подвижного груза  
6, ограничителя 7 и вин-  
та 8.

Перед взятием пробы  
дно шурфа зачищается  
горизонтально, затем на  
дно шурфа устанавлива-  
ется грунтоотборник без  
поддона и нажатием ру-  
ки или с помощью уплот-  
нителя режущее кольцо  
вдавливается в грунт.

Грунтоотборник дол-  
жен быть наполнен грун-  
том приблизительно до  
середины съемного коль-  
ца.

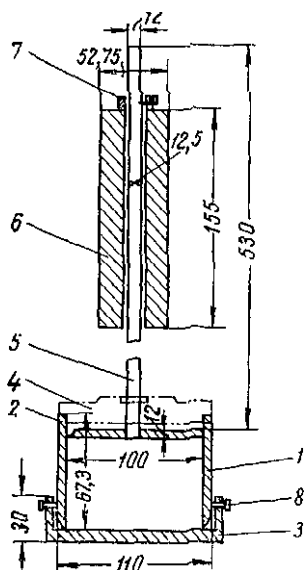


Рис. 66. Грунтоотборник  
для определения плотности  
грунта методом НИИМос-  
строй

шем кольцо замеряется осадка грунта  $\Delta$  с точностью до 1 мм.

Замеры делают в четырех точках в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Средняя арифметическая величина замеров принимается за расчетную осадку грунта.

По величине осадки находят соответствующий коэффициент уплотнения.

### § 5. Метод парафинирования

Метод парафинирования применяют преимущественно при контроле за уплотнением грунта в зимних условиях. Из уплотненного слоя вырубает монолит грунта объемом не менее  $300 \text{ см}^3$ , взвешивают его и определяют вес  $g$ .

Затем производят парафинирование образца, взвешивают его и определяют вес  $g_1$ .

Взвешенный образец погружают в мерный цилиндр с водой и определяют объем вытесненной воды, равный объему запарафинированного образца грунта  $V_1$ .

Если запарафинированный образец грунта значительных размеров, его объем определяется следующим образом. Батарейный стакан или банку устанавливают в фарфоровую чашку и наполняют водой вровень с краями. Затем образец, подвешенный на нитке, погружают в батарейный стакан с водой. При этом часть воды, равная объему образца, будет вытеснена и выльется через край стакана в чашку.

Измерив объем вытесненной воды мерным цилиндром, определяют объем запарафинированного образца  $V_1$ .

Более точно объем запарафинированного образца может быть определен по величине потери веса при погружении образца в воду. Взвешивание образца в воздухе и в воде при этом производят на обычных технических весах. Вычитая из веса образца в воздухе вес его в воде, получают объем образца с парафином  $V_1$ .

По разности между весом запарафинированного образца  $g_1$  и весом образца  $g$  определяют вес парафина  $g_2$ , израсходованного на парафинирование образца:

$$g_2 = g_1 - g. \quad (59)$$

Принимая удельный вес парафина  $\gamma_n = 0,9 \text{ г/см}^3$  и вес парафина  $g_2$ , определяют объем парафина  $v_2$ , использованного на парафинирование образца:

$$V_2 = \frac{g_2}{\gamma_n}, \quad (60)$$

затем определяют объем образца  $V$  без парафина:

$$V = V_1 - V_2 \text{ см}^3 \quad (61)$$

и объемный вес влажного грунта  $\gamma_{об}$

$$\gamma_{об} = \frac{g}{V} \text{ г/см}^3. \quad (62)$$

Определив влажность монолита методом высушивания до постоянного веса, определяют объемный вес скелета грунта по формуле

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma_{об}}{1 + 0,01W} \text{ г/см}^3. \quad (63)$$

## § 6. Метод лунок

При возведении насыпи из каменных материалов, а также при наличии в грунте гравелистых частиц, щебенки, мерзлых комьев, контроль за уплотнением грунта может осуществляться методом засыпки лунок сухим песком.

Для этого заготавливают сухой песок, просеянный через сито с отверстиями 2 мм (или отдельные фракции песка 0,5—1 мм; 1—2 мм) и не содержащий пылеватых и глинистых частиц. Если такие частицы содержатся, их следует отмыть и песок высушить.

На уплотненном слое грунта выравнивают небольшую площадку и выкапывают лунку диаметром около 20 см, высотой 10—15 см. Грунт из лунки тщательно собирают и взвешивают с точностью до 5 г (при выкапывании лунки не следует задевать края и боковые стенки лунки рабочим инструментом, так как это может привести к увеличению объема лунки и искажению получаемых результатов).

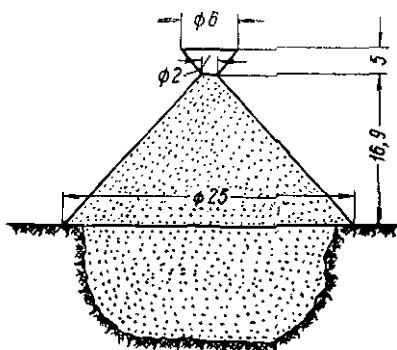


Рис. 67. Воронка для определения плотности грунта по методу лунок



Объем лунки определяют следующим образом.

Над лункой устанавливают двойную жестяную воронку с диаметром основания 25 см (рис. 67). В лунку и нижнюю воронку через верхнюю воронку насыпают сухой песок. Объем засыпаемого песка измеряют мерными стеклянными цилиндрами емкостью 0,1—1 л с точностью до 5 см<sup>3</sup> (основной объем песка может быть засыпан в лунку любым мерным сосудом, остальную часть песка до полного заполнения лунки желательнее засыпать небольшими мерными цилиндрами емкостью не более 0,1—0,25 л). Песок в цилиндр насыпают через обычную воронку без встряхивания. Вычитая из общего объема песка его объем, находящийся в воронке, получим объем песка в лунке, т. е. объем лунки.

Разделив вес грунта, извлеченного из лунки, на его объем, определяют объемный вес влажного грунта. Для определения влажности грунта необходимо высушивать весь образец грунта, взятый из лунки, или, если это невозможно, определить влажность частиц грунта с диаметром менее 5 мм и внести соответствующую поправку на содержание частиц крупнее 5 мм.

Объемный вес скелета грунта рассчитывают после определения влажности по формуле (66).

## § 7. Радиометрический метод

Для определения плотности грунтов методом рассеянного гамма-излучения в одиночных скважинах может применяться радиометрический прибор (рис. 68), который состоит из радиометра, лебедки и радиометрического снаряда.

Для регистрации рассеянного гамма-излучения применяется радиометр Б-2 с питанием от сети переменного тока. При отсутствии электросети можно использовать батарейный радиометрический прибор ПК-10Б.

Напряжение от высоковольтного выпрямителя радиометра на счетную трубку, помещенную в радиометрическом снаряде, подается при помощи кабеля РК-48, намотанного на лебедку.

В нижней части радиометрического снаряда (рис. 69) помещен патрон с изотопом кобальта и свинцовый экран с прорезью против источника излучения. В верхней части снаряда помещен счетчик МС-9, герметически закрываемый крышкой, в которой вмонтирована автомобильная

свеча для подачи высокого напряжения от радиометра на анод счетной трубки. Катод счетной трубки присоединен к массе снаряда.

Для обеспечения техники безопасности при транспортировке головка снаряда с источником гамма-излучения помещается в специальный свинцовый контейнер (рис. 70).

В комплект прибора входит буровое оборудование — ручные штанги, обсадные трубы и буровые наконечники.

Для установки зависимости между зарегистрированной интенсивностью гамма-излучения и плотностью исследуемой среды в буровых скважинах на некоторой глубине от поверхности определяется интенсивность обратно рассеянного гамма-излучения.

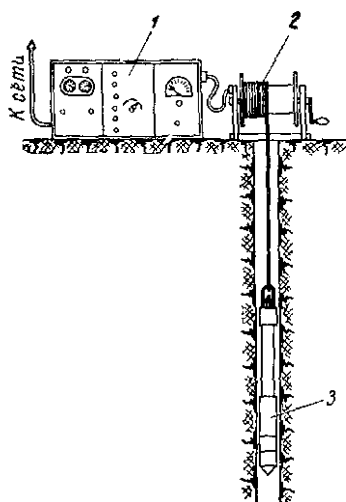


Рис. 68. Блок-схема радио-метрического прибора

1 — радиометр Б-2; 2 — лебедка с кабелем РК-48; 3 — радиометрический снаряд

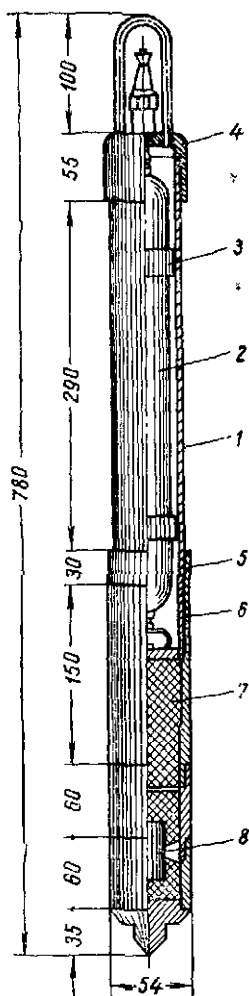


Рис. 69. Радиометрический снаряд

1 — кожух счетчика; 2 — счетчик МС-9; 3 — амортизационные резиновые кольца; 4 — крышка с ссрыгой; 5 — контргайка; 6 — кожух экрана; 7 — свинцовый экран; 8 — патрон с радиоактивным кобальтом

В этом же горизонте режущим кольцом отбираются образцы грунта для определения его объемного веса. Такие определения следует сделать в грунтах с различным объемным весом в количестве, достаточном для установления надежной корреляционной зависимости.

Отечественной промышленностью изготавлиются поверхностные (ППП-1) и глубинные (ГГП) гамма-гамма плотномеры, сконструированные по материалам

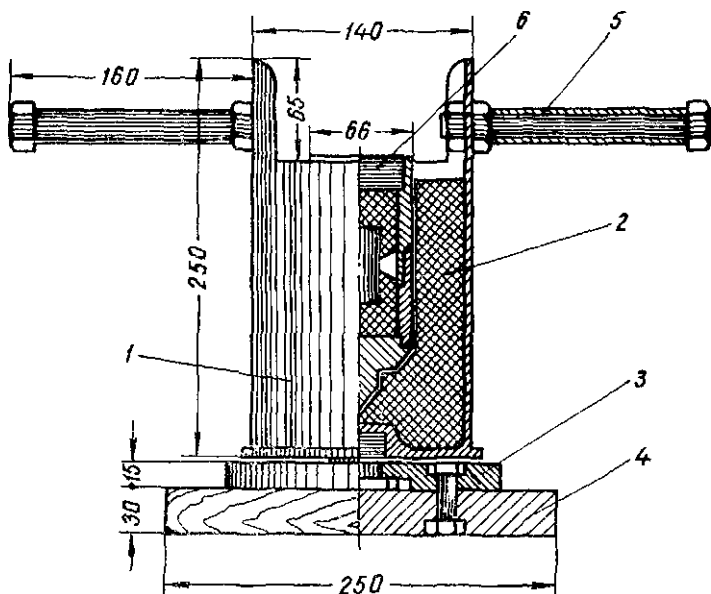


Рис. 70. Контейнер

1 — кожух контейнера; 2 — свинцовая оболочка; 3 — металлическая подставка; 4 — доска; 5 — ручка; 6 — головка снаряда с патроном радиоактивного кобальта

ВНИИГиМа. При применении этих плотномеров трудоемкость работ по определению плотности грунтов по сравнению с методом режущих колец уменьшается в 2—5 раз.

### § 8. Направленность в области совершенствования методов контроля уплотнения грунтов

Метод режущих колец, несмотря на простоту ведения контрольных наблюдений за плотностью уложенного грунта, имеет недостатки, которые и снижают его цен-

ность. Метод режущих колец не позволяет определить плотность грунта непосредственно на месте производства работ и, таким образом, оперативно и быстро менять режим работы машины и реагировать на изменение условий уплотнения грунтов.

Кроме того, сам процесс отбора проб и дальнейшее их исследование в лаборатории требуют значительного времени (при самых благоприятных условиях на все операции, связанные с определением плотности грунта, требуется 5—6 ч, из которых 3—4 ч идет на сушку образцов грунта).

Метод режущих колец требует устройства шурфа для отбора проб, что при производстве работ по отсыпке насыпей крайне нежелательно.

Для ускорения процесса определения плотности грунта и, в частности, его влажности, в последнее время были предложены различные методы, например метод динамического зондирования, электроемкостный метод, метод определения влажности в сушильном шкафу ЦНИИС Минтрансстроя СССР или в приборе Усманского механического завода, а также в экспрессионном влагомере ЭВ, микрометод, предложенный Агаповым и Бреслер, метод высушивания инфракрасными лучами и т. д.

Метод динамического зондирования получил распространение как за границей, так и в Советском Союзе. Сущность этого метода заключается в определении числа ударов, что косвенно связывается с плотностью грунта.

Неудобство метода заключается в том, что погружение конуса нужно тарировать для каждой разновидности грунта, встречаемой при производстве работ.

Метод динамического зондирования годится для определения плотности несвязных грунтов. В глинистых грунтах, обладающих большим разнообразием структурной прочности, данный метод вряд ли будет эффективен.

Учитывая начальную стадию разработки этого метода, необходимо продолжить проведение соответствующих исследований.

Электроемкостный метод основан на изменении емкости электрического конденсатора в зависимости от диэлектрической проницаемости водонасыщенной среды. По диэлектрической проницаемости можно судить о количестве воды, содержащейся в порах грунта, а следо-

вательно, и о пористости его. Этот метод применяется к грунтам, залегающим ниже уровня грунтовых вод, так как условно считается, что все поры грунта заполнены водой.

Применяя этот метод, надо учитывать, что на диэлектрическую проницаемость оказывают значительное влияние соли, находящиеся в воде, причем каждый раз в новых условиях работы необходимо предварительно определять эти солевые концентрации.

Сушильный шкаф, сконструированный ЦНИИС Минтрансстроя СССР, сокращает время высушивания образцов до нескольких минут, что позволяет ускорить процесс определения плотности грунта. Но этот метод связан с отбором проб грунта, а поэтому в целом не решает задачи контроля за уплотнением грунта.

Прибор для определения влажности грунта, изготовленный Усманским механическим заводом, основан на применении сжатого горячего воздуха. Высушивание грунта при температуре 105—110°C производится при помощи продувания его горячим воздухом, для чего прибор подключают через воздухоочиститель к магистрали сжатого воздуха или передвижному компрессору.

Воздух подогревается при помощи электронагревательных приборов, для работы которых требуется однофазный ток напряжением 220 в. Проведенные опыты на строительстве плотины Орто-Токойского водохранилища показали, что этот прибор примерно в 50 раз сокращает время просушивания грунта, а определяемая им влажность, вследствие выдувания грунта, получается выше фактической на 0,4—0,5%. Завышение влажности объясняется принципом работы прибора, основанном на пропускании сжатого горячего воздуха через грунт, вследствие чего частицы его размером менее 0,1 мм выдуваются через сетчатое дно чашечки. Этот метод связан с отбором и взвешиванием проб, устройством шурфов и поэтому в целом также не решает вопроса контроля за уплотнением грунта.

Экспрессионный влагомер ЭВ для определения влажности грунта предложен Воронежским инженерно-строительным институтом. Работа этого прибора основана на определении влажности грунта путем замера конденсата испаряющейся влаги в специальной микробюретке, деления которой пересчитаны на проценты влажности.

Длительность сушки грунта колеблется в пределах от

5 до 20 мин при продолжительности сушки тех же грунтов в сушильном шкафу от 4 до 7 ч.

Этот метод, как и предыдущий, не решает в целом задачи контроля за уплотнением грунта.

Новейшим и многообещающим методом определения физических характеристик грунта является метод радиоактивных изотопов.

Для измерения плотности грунтов используется явление рассеивания гамма-лучей при прохождении их через грунт.

На кафедре оснований и фундаментов Московского инженерно-строительного института им. Куйбышева сконструирован прибор «радиоактивная вилка». Этот прибор испытывался в полевых условиях в районе Волгоградской ГЭС и на намыве Куйбышевской плотины.

На строительстве стадиона в Лужниках был испытан прибор для контроля плотности грунта при помощи радиоактивных элементов, предложенный кандидатами технических наук Польшиным и Носсель. В трубку длиной 4—5 м вставляется надежно упрятанный в свинцовую оболочку кусочек радиоактивного кобальта. В другой трубке помещается счетчик, фиксирующий импульсы, равномерно и непрерывно посылаемые радиоактивным металлом. Грунт различной плотности по-разному поглощает гамма-лучи: рыхлый грунт — в меньшей степени, плотный — в большей степени. Зная поглонительную способность грунта, при помощи счетчика, стрелка которого показывает на циферблат, можно определить его плотность, а также количество частиц энергии, пробившихся сквозь полуметровую земляную преграду, разделяющую трубки.

В Московском автодорожном институте проводятся работы по созданию нового метода контроля уплотнения грунта с помощью радиоактивного плотномера, который позволяет определять объемный вес грунта не в отдельных точках, а на протяжении всей длины участка.

Радиоактивный плотномер состоит из детектора (источник гамма-излучения — радиоактивный изотоп  $\text{Co}^{60}$  и счетчик СТС-1), индикатора и блока питания. Детектор помещается на металлической лыже, конструкция которой обеспечивает плотное прилегание источника и счетчика гамма-излучения и исследуемой поверхности. Интенсивность рассеянного излучения регистрируется счет-

чиком и определяется на шкале индикатора, который помещается на автомобиле ГАЗ-69.

Исследования, выполненные в полевых условиях, показали надежность этого метода контроля уплотнения грунта и позволили сделать следующие выводы: а) объемный вес грунта можно определить с точностью до  $0,03 \text{ г/см}^3$  в слое толщиной примерно 20 см; б) измерение скорости перемещения прибора до 8 км/ч не нарушает его нормальной работы.

Использование радиоактивных изотопов для определения объемного веса и влажности грунтов значительно упростит и ускорит выполнение лабораторных работ, что очень важно при скоростных методах строительства земляных сооружений.

Необходимо в дальнейшем обобщить существующие методы контроля плотности грунтов, дать их сравнительную оценку и предложения по практическому применению строительными организациями. При этом необходимо учесть, что некоторые методы имеют ограниченную область применения, например одни из них пригодны для грунтов несвязных, другие малосвязных, некоторые из них требуют наличия на месте работ сложного оборудования в виде компрессорных установок.

Необходимо продолжать работы в области использования радиоактивных изотопов с тем, чтобы в самое ближайшее время применение их для определения плотности грунтов нашло самое широкое распространение в народном хозяйстве Советского Союза.

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабинец А. Е. и Звольский С. Т. Исследование плотности и влажности грунтов методами радиоактивных излучений. Изд-во АН УССР, 1961.
2. Баркан Д. Д. Виброметод в строительстве. М., Госстройиздат, 1959.
3. Безрук В. М. Теоретические основы укрепления грунтов цементами. М., Автотрансиздат, 1956.
4. Беликов М. П., Емельянов В. А., Нестеров В. Е. Применение радиоактивных изотопов в гидротехническом строительстве. М., Госстройиздат, 1961.
5. Вихарев В. П. Опыт уплотнения лёссовидных суглинков различными методами. М., Трансжелдориздат, 1956.
6. Вихарев В. П. Увлажнение лёссовидных суглинков при искусственном уплотнении. М., Трансжелдориздат, 1956.
7. Волго-Дон, том III. Земляные работы. М., Госэнергоиздат, 1956.
8. Временные технические условия и нормы (ВТУиН) на проектирование оросительных канатов с экраном из уплотненных грунтов. Баку, Объединенное издательство, 1959.
9. Гончаров И. Ф., Сергеев П. А. Вибрационные машины в строительстве. М., Машигиз, 1963.
10. Герсеванов Н. М., Польшин Д. Е. Теоретические основы механики грунтов и их практическое применение. М., Стройиздат, 1948.
11. Глазов Н. В. Применение радиоактивных изотопов в инженерных изысканиях. М., Госагемиздат, 1962.
12. Грунты. Методы лабораторных определений. ГОСТ 5179—64.
13. Гуменский Б. М. О дальнейшем направлении исследований по уплотнению глинистых грунтов. «Транспортное строительство» № 3, 1959.
14. Доклады от СССР, 11-й Международный дорожный конгресс. Рио-де-Жанейро, 1959 г. М., Автотрансиздат, 1959.
15. Жиркович С. А., Наумец Н. И. и др. Уплотняющие машины в строительстве и производстве строительных изделий. г. Куйбышев, 1962.
16. Зубанов М. П. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей и грунта. М., Машигиз, 1959.
17. Инструкция по определению требуемой плотности и контролю за уплотнением земляного полотна автомобильных дорог. ВСН 55—61. Минтрансстрой СССР.
18. Инструкция по уплотнению грунта в насыпных земляных плотинах и дамбах (проект ВОДГЕО). Издание 1956 г.



19. Комаровский А. Н. Организация работ на строительстве Московского Государственного университета им. Ломоносова. М., Госстройиздат, 1958.

20. Круглов И. Н. и др. Глубинное гидровибрационное уплотнение песков и контроль за их уплотнением. Липецкое книжное издательство, 1961.

21. Куприянов Е. М. Уплотнение и осадки грунтов. М., Госстройиздат, 1954.

22. Лебедев А. Ф. Уплотнение грунтов при различной их влажности. М., Стройвоенмориздат, 1949.

23. Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Киев, изд. АСИА УССР, 1962.

24. Материалы совещания. Механизированное уплотнение грунтов в строительстве. М., Госстройиздат, 1962.

25. Материалы IV Всесоюзного совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Изд. Грузинского политехнического института, Тбилиси, 1964.

26. Машины для уплотнения грунтов, дорожных оснований и покрытий. Каталог-справочник. Изд. ЦИНТИАМ, М., 1963.

27. Международный дорожный конгресс № 10. М., Автотрансиздат, 1957.

28. Методы уплотнения насыпей. Скальные и буро-взрывные работы (из опыта железнодорожного строительства за рубежом). М., Трансжелдориздат, 1957.

29. Мигик С. И. Назначение степени уплотнения грунта в плотинах и дамбах с учетом технико-экономических и производственных факторов. ВОДГЕО, Сборник № 3, М., Госстройиздат, 1960.

30. Неклюдов М. К. Производство траншейных работ. М., Госстройиздат, 1954.

31. Неклюдов М. К. Механизмы для уплотнения грунтов. Изд. ИТЭТИ АН СССР, 1956.

32. Неклюдов М. К. Уплотнение грунтов скрепером-катком. НИИОМТП БТИ НИИОМТП АСИА СССР, 1959.

33. Неклюдов М. К. Механизированное уплотнение грунтов, Госстройиздат, М., 1960.

34. Неклюдов М. К., Сви́рский В. В. Работа на моторных катках. М., Госстройиздат, 1961.

35. НИИОМТП. Указания по контролю за уплотнением грунтов в промышленном и гражданском строительстве. М., Госстройиздат, 1959.

36. НИИОМТП. Временные указания по уплотнению грунтов в промышленном и гражданском строительстве. М., Госстройиздат, 1961.

38. Попова З. А. Лабораторный практикум по грунтоведению и геологии. М., Автотрансиздат, 1963.

37. Островский Э. Технология земляных и грунтоуплотнительных работ при прокладке подземных трубопроводов. «Строительство и архитектура Средней Азии» № 9, 1964.

39. Савельев В. И. Уплотнение земляного полотна. М., Автотрансиздат, 1963.

40. Сергеев Е. М., Вахтангов А. Н. Зависимость оптимальной нагрузки уплотнения от гранулометрического состава грунтов. Изд. МГУ, Учен. записки, вып. 177, Грунтоведение, кн. 4, 1956.

41. Сергеев Е. М. К вопросу о природе механической проч-

ности дисперсных грунтов. Изд. МГУ, Ученые записки, вып. 133, Грунтоведение, кч. 1, 1949.

42. Сергеев Е. М. Понятие об оптимальной нагрузке уплотнения грунтов. Вестник МГУ № 10, 1949.

43. Совещание по теоретическим основам технической мелиорации грунтов. Изд. МГУ, 1961.

44. Сборник докладов по механизированному уплотнению грунтов в строительстве. М., Госстройиздат, 1958.

45. Строительные нормы и правила. М., Госстройиздат, 1963.

46. Тейлор Д. Основы механики грунтов. М., Госстройиздат, 1960.

47. Телегин М. Я. Методы уплотнения дорожных насыпей. М., Дориздат, 1952.

48. Терцаги К. Теория механики грунтов. М., Госстройиздат, 1961.

49. Технические условия производства и приемки аэродромно-строительных работ СН 121—60. М., Госстройиздат, 1961.

50. Технические условия сооружения железнодорожного земляного полотна СН 61—59. М., Госстройиздат, 1960.

51. Труды вольного экономического общества, том 53, 1801.

52. Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов. М., Изд. МГУ, 1961 г.

53. Указания по возведению земляного полотна автомобильных дорог. М., Автотрансиздат, 1960.

54. Указания по устройству грунтовых подушек и обратных засыпок котлованов на просадочных грунтах. М., Госстройиздат, 1963.

55. Ульянов Н. А. Эксплуатация катков на пневматических шинах. М., Автотрансиздат, 1956.

56. Физдель И. А., Парзубов Г. Э. Практика применения глубинного виброуплотнения грунтов в строительстве. М., Стройиздат, 1949.

57. Флорин В. А. Теория уплотнения земляных масс. М., Стройиздат, 1948.

58. Хархута И. Я. Машины для уплотнения грунтов. М., Машгиз, 1953.

59. Хархута И. Я., Васильев Ю. М. Устойчивость и уплотнение грунтов дорожных насыпей. М., Автотрансиздат, 1964.

60. Чакалев А. К. Методы производства работ по уплотнению насыпей. Сб. статей «Проектирование и возведение земляного полотна в особых условиях». М., Трансжелдориздат, 1940.

61. Цытович П. А. Механика грунтов. М., Госстройиздат, 1963.

62. Шахупян Г. М. Земляное полотно земельных дорог. Трансжелдориздат, 1953.

---

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Глава первая. Грунты	
§ 1. Основные сведения о грунтах . . . . .	5
§ 2. Способы определения основных характеристик грунта . . . . .	12
§ 3. Требования, предъявляемые к грунтам при производстве земляных работ . . . . .	18
§ 4. Факторы, влияющие на уплотняемость грунта . . . . .	20
§ 5. Нормы уплотнения грунтов . . . . .	27
Глава вторая. Грунтоуплотняющие механизированные средства	
§ 1. Классификация способов уплотнения грунтов . . . . .	36
§ 2. Катки . . . . .	40
§ 3. Землеройно-транспортные и транспортные машины . . . . .	51
§ 4. Трамбующие машины и трамбовки . . . . .	54
§ 5. Вибрационные машины . . . . .	59
§ 6. Комбинированные грунтоуплотняющие машины . . . . .	71
§ 7. Грунтоуплотняющие механизированные средства за рубежом . . . . .	80
Глава третья. Выбор способов уплотнения грунтов и грунтоуплотняющих механизированных средств	
§ 1. Общая часть . . . . .	105
§ 2. Методика выбора способов и механизированных грунтоуплотняющих средств . . . . .	106
§ 3. Комплектование грунтоуплотняющих механизированных средств вспомогательным оборудованием . . . . .	122
§ 4. Направленность в области дальнейшего совершенствования грунтоуплотняющих механизированных средств . . . . .	129
Глава четвертая. Технология производства грунтоуплотнительных работ	
§ 1. Общая часть . . . . .	133
§ 2. Технология уплотнения грунтов катками . . . . .	135
§ 3. Технология уплотнения грунтов транспортными средствами . . . . .	143
§ 4. Технология уплотнения грунтов окреперами-катками . . . . .	146
§ 5. Технология уплотнения грунтов трамбующими машинами . . . . .	150
§ 6. Технология уплотнения грунтов вибромашинами и гидровиброуплотнителями . . . . .	155

	Стр.
§ 7. Технология уплотнения грунтов в зимних условиях . .	156
§ 8. Опытное уплотнение грунтов . . . . .	159
§ 9. Примерные схемы механизации земляных работ на строительстве дорог . . . . .	162
§ 10. Уход за машинами и их перевозка . . . . .	179

#### Глава пятая. Контроль за уплотнением грунтов

§ 1. Общая часть . . . . .	188
§ 2. Метод режуших колец . . . . .	194
§ 3. Метод УкрДОРНИИ . . . . .	202
§ 4. Метод НИИМосстроя . . . . .	204
§ 5. Метод парафинирования . . . . .	206
§ 6. Метод лунок . . . . .	207
§ 7. Радиометрический метод . . . . .	208
§ 8. Направленность в области совершенствования методов контроля уплотнения грунтов . . . . .	210
Л и т е р а т у р а . . . . .	215

НИИОМТП  
Справочное пособие по механизированному  
уплотнению грунтов

Бланк для заказов 1965 г № 10/20

\* \* \*

*Стройиздат*  
*Москва Третьяковский проезд, 61*

\* \* \*

Редактор издательства Э С Сухарева  
Переплет художника Самсонова  
Технический редактор Д Я Касимов  
Корректор Т В Карасева

---

Сдано в набор 26/II 1965 г Подписано к печати 4/VIII 1965 г  
Т 10444 Бумага  $84 \times 108 \frac{1}{32} = 3,5$  бум л 1176 усл печ л  
(119 уч изд л)  
Тираж 10 000 экз Изд № IX-9120 Зак № 177 Цена 75 коп

---

Подольская типография Главполиграфпрома  
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати  
г Подольск, ул Кирова, д 25