

1. Какими машинами разрабатывают прочные и мерзлые грунты непосредственно?

5. Какие машины и оборудование применяют для предварительного разрушения (разрыхления) мерзлых грунтов?

6. Опишите способ разрушения мерзлых грунтов падающими снарядами. Каковы достоинства и недостатки этого способа?

7. Для чего предназначены рыхлители? Чем отличаются основные рыхлители от вспомогательных? Как устроены и как работают основные рыхлители? В каких случаях выгоднее использовать однозубые рыхлители? Какими другими мерами можно повысить эффективность работы рыхлителей? Как определяют техническую производительность рыхлителей?

8. Для чего применяют баровые машины? Как они устроены и как работают?.

Глава 14. Машины для уплотнения грунтов.

14.1. Общие сведения о грунтоуплотняющих машинах.

При разработке грунта нарушается его структура, он разрыхляется, значительно уменьшается его плотность по сравнению с той, какую грунт имел в состоянии естественного залегания. Во избежание последующих оседаний и деформаций зданий и сооружений, обеспечения их устойчивости в течение всего срока эксплуатации грунты, на которых они возводятся, должны обладать достаточной плотностью, регламентированной СНиП и другими нормативными документами. Просадочные и насыпные грунты перед возведением на них зданий и сооружений подлежат искусственному уплотнению. Уплотнение грунтов относится к числу наиболее важных элементов технологического процесса подготовки оснований под строительные объекты, возведения земляного полотна автомобильных дорог и т.п. От качества выполнения этого процесса зависит дальнейшая их служба.

С этой целью для каждого из сооружений установлены технические требования к плотностям их грунтов. При этом в основу оценки степени уплотнения положен метод стандартного уплотнения, и потому требования к плотностям грунтов обычно выражены в виде

коэффициента уплотнения, т.е. в долях от максимальной стандартной плотности. Степень уплотнения характеризуется отношением веса единицы объема грунта после уплотнения к весу такого же объема в рыхлом состоянии и оценивается коэффициентом уплотнения K_y . Для верхних слоев грунтов земляного полотна автомобильных дорог требования к плотностям высоки – здесь плотность грунта должна достигаться при давлениях на грунт не ниже $(0,98...1,0) \cdot \sigma_{\max}$. Для нижних слоев насыпей давление на грунт может быть снижено до $0,95 \sigma_{\max}$. Следует заметить, что достижение такой высокой плотности (давление на грунт $0,98...1,0 \cdot \sigma_{\max}$) связано со значительными трудностями и может быть достигнуто лишь при правильном выборе параметров применяемых машин и режима работы. Процесс уплотнения (необратимого деформирования) заключается в относительном смещении частиц грунта и связан с вытеснением воздуха и воды путем внешнего силового воздействия или за счет гравитационных сил, в результате которых определенная масса грунта уменьшается в объеме, а его плотность повышается. Способность грунта к изменению объема зависит от наличия в нем пор, частично заполненных водой, а частично воздухом. При силовом воздействии эти компоненты перемещаются в менее напряженные зоны с выходом воздуха и свободной воды на поверхность. Из-за повышенной сжимаемости находящийся в порах воздух не полностью удаляется из них и, будучи сжатым, оказывает равномерное реактивное давление на сближающиеся твердые частицы грунта, способствуя их компактной укладке. После снятия нагрузки сжатый воздух расширяется, вызывая обратимую деформацию грунта. При повторных нагружениях из пор удаляется все больше воздуха, вследствие чего обратимые деформации грунта уменьшаются. Остаточная деформация, характеризующая степень уплотнения грунта, достигает наибольшего значения при первых циклах нагружений, снижаясь к концу этого процесса. Разрыхление грунта перед его уплотнением способствует выходу воздуха и свободной воды из пор на поверхность без подповерхностного их перемещения в менее напряженные зоны, благодаря чему требуемая плотность грунта может быть достигнута меньшим числом повторных нагружений. По этой причине большинство способов уплотнения грунта являются двухэтапными, включающими разрыхление уплотняемого слоя и собственно его уплотнение. Полученная в результате уплотнения плотность грунта существенно зависит от влажности, с повышением которой

уменьшается прочность структурных связей в грунте. Максимальная плотность грунта при заданном режиме его уплотнения достигается при определенных соотношениях его твердых, жидких и газообразных компонентов. При недостаточной влажности для достижения требуемой плотности необходимо, например, снижать толщину уплотняемого слоя. Очень сухие грунты вообще не могут быть доведены до требуемой плотности. Оптимальная влажность грунта ω , определяющая стандартное уплотнение, соответствует работе средних машин. Оптимальная влажность, соответствующая работе тяжелых машин, обычно равна $(0,8...0,9) \cdot \omega$. При недостатке влаги и избытке воздуха агрегаты грунта при разрыхлении разрушаются не полностью. После уплотнения в них еще остается много воздуха, вследствие чего требуемая плотность не достигается. Влажность грунта, соответствующую максимальному стандартному значению плотности называют оптимальной влажностью. Значения ее для различных грунтов приведены ниже (табл. 14.1).

Таблица 14.1.

Оптимальная влажность и максимальная плотность грунтов.

Грунты	Оптимальная влажность, в %	Удельный вес, в кН/м ³	Объем воздуха в порах, в %	Объемный вес грунта скелета, в г/см ³
Песчаные	8...14	25,7	6	2,5...1,90
Супеси:				
легкие	и 9...15	25,8	6	1,97...1,78
тяжелые	16...20	26,0	5	1,78...1,65
пылеватые	12...18	26,2	5	1,72...1,63
Суглинки:	15...22	26,2	5	1,72...1,63
легкие				
пылеватые	14...20	26,3	4	1,75...1,83
тяжелые	и 16...26	26,3	4	1,75...1,63
тяжелые				
пылеватые	20...25	25,3	5	1,63...1,50
Глины:				
пылеватые				
Суглинистые				
черноземы				

В зависимости от ответственности земляного сооружения коэффициент уплотнения назначают в пределах от 0,9 до 1. При выборе уплотняющих машин и оборудования, а также при назначении режимов их работы следует учитывать некоторые особенности грунтов. В отличие от других материалов грунты относят к телам, деформации которых зависят не только от приложенной нагрузки, а также от продолжительности ее действия и скорости изменения напряженного состояния. Зависимость между напряжениями и деформациями подчиняется закону Гука лишь при медленном нагружении (менее 50 кПа/с) и только при неупрочненных связных грунтах. Во всех случаях быстрого или ударного приложения нагрузки деформации в грунте отстают от напряжений. При этом деформации продолжают расти и после того, как напряжения начнут снижаться. Такой процесс деформирования называют последствием нагружения. Доля деформаций этапа последствия в общем размере деформаций существенна. Так, при скоростях нагружения, соответствующих перекачиванию колес землеройно-транспортных машин, катков и т.п., она составляет около 50%, а в режимах работы трамбующих машин еще больше. В последнем случае деформация может достигнуть максимального значения, когда нагрузка успела снизиться до нуля. Обратимая деформация всегда запаздывает по отношению к изменению напряжений. При этом значительная часть этой деформации приходится на этап обратного упругого последствия уже после полной разгрузки. По мере роста скорости нагружения грунт приобретает хрупкие свойства – его разрушение происходит при уменьшенных деформациях. Следует также учитывать продолжительность пауз между смежными циклами нагружений, которая должна быть достаточной для полного восстановления обратимой деформации. В противном случае из-за встречного движения грунтовых агрегатов накопленная деформация несколько снижается. Все процессы уплотнения грунтов в строительстве полностью механизированы. Их выполняют с помощью машин и оборудования, классифицируемых по характеру силового воздействия на грунт и способу перемещения рабочего органа относительно уплотняемой зоны грунта.

Различают машины статического, динамического и комбинированного действия. Статическое воздействие реализуется в виде укатки, при которой необратимая деформация грунта развивается вследствие многократно повторяющегося действия

перемещающейся нагрузки на поверхности контакта с грунтом перекатываемого по нему вальца или колеса. *Динамическое* воздействие имеет место при трамбовании и виброуплотнении. При трамбовании грунт уплотняется падающей массой. При этом часть кинетической энергии преобразуется в момент удара о грунт в работу для его уплотнения. Виброуплотнение заключается в сообщении грунту колебательного движения, которое приводит к относительному смещению его частиц и более полной их упаковке. Эти движения возбуждаются колеблющимися массами, находящимися на поверхности уплотняемого грунта. При виброуплотнении рабочий орган вибратора колеблется вместе с грунтом (присоединенной массой грунта). Если возмущения превзойдут определенный предел, то виброуплотнение преобразуется в вибротрамбование с отрывом рабочего органа вибратора от грунта и частыми ударами по нему. При этом грунт будет встряхиваться, в результате чего находящаяся в нем связанная вода перейдет в свободную, благодаря чему уменьшится сопротивляемость грунта внешним нагрузкам. Этим достигается большая эффективность процесса по сравнению с другими способами уплотнения. Как разновидность виброуплотнения применяют также комбинацию этого способа с укаткой, для чего перекатываемому по грунту катку сообщают направленные вертикальные колебания.

По способу перемещения рабочего органа относительно уплотняемой зоны грунта различают самоходные машины, прицепные и полуприцепные орудия, перемещаемые за тягачом (все виды катков), машины с навесными рабочими органами (трамбовочные и вибротрамбовочные машины) и оборудование, перемещаемое за счет импульсных реактивных сил в результате наклонного силового воздействия на грунт (виброплиты). При назначении режимов работы грунтоуплотняющего оборудования следует учитывать, что большей глубине уплотненного слоя соответствуют большие давления на поверхности контакта с грунтом рабочего органа, которые, однако, не должны быть больше предела прочности грунта. Если это условие не удовлетворяется, то происходит разрушение структуры грунта, которое, например, в случае уплотнения укаткой, проявляется в сильном волнообразовании перед вальцами или колесами катков, выпирании грунта в стороны. Лучшее уплотнение получается в тех случаях, когда удельные давления на поверхности контакта с рабочими органами уплотняющих машин равны $(0,9...1,0) \sigma_p$. Исключением из этого правила являются машины, действие рабочих

органов которых основано на глубоком проникании их в уплотняемый слой грунта (кулачковые и решетчатые катки). Значения пределов прочности для грунтов оптимальной влажности приведены в табл. 14.2.

Таблица 14.2.

Пределы прочности грунтов при оптимальных влажности и плотности $K_y = 0,95$ в МПа.

Грунты	Уплотнение грунтов		
	катками		Трамбующим и машинами с ударной частью 0,07...0,15 м.
	с гладким и вальцами	на пневматических шинах	
Малосвязные (песчаные, супесчаные, пылеватые)	0,3...0,6	0,3...0,4	0,3...0,7
Средней связности (суглинистые)	0,6...1,0	0,4...0,6	0,7...1,2
Высокой связности (тяжелосуглинистые)	1,0...1,5	0,6...0,8	1,2...2,0
Весьма связные (глинистые)	1,5...1,8	0,8...1,0	2,0...2,3

Поскольку после каждой очередной проходки грунтоуплотняющей машины предел прочности грунта на его поверхности возрастает, то для повышения эффективности процесса целесообразно контактные давления увеличивать от прохода к проходу (для катков) или от удара к удару (для трамбующих машин). Для этого рекомендуется двухстадийное уплотнение грунта: предварительное – легкой машиной, окончательное – тяжелой. При этом общее число проходов или ударов по одному месту может быть уменьшено в среднем на 25% с сокращением стоимости работ до 30%, в том числе и за счет частичной замены тяжелых машин легкими. При уплотнении грунтов после скреперной отсыпки эффект будет еще выше вследствие того, что предварительное уплотнение грунта будет выполнено скреперами попутно с их разгрузкой.

Число проходов или повторения приложения нагрузки для достижения требуемой плотности зависит от толщины уплотняемого слоя. Грунт уплотняют слоями, по возможности на уровне оптимальной толщины но для получения высокой плотности с ($K_y = 0,98 \dots 1,00$) толщину уплотняемого слоя снижают примерно в 2 раза по сравнению с толщиной, принимаемой при $K_y = 0,95$, в противном случае энергоемкость процесса может возрасти примерно в 1,5 раза. Выбор того или иного способа уплотнения зависит от характера грунта и толщины уплотняемого слоя. Связные грунты, отсыпаемые относительно тонким слоем, хорошо уплотняются катком статического действия. Такие же грунты на большую глубину можно уплотнять трамбованием. Малосвязные и сыпучие грунты лучше, всего уплотнять вибрационными машинами.

Катки статического действия бывают с металлическими вальцами (рис 14.1) и на пневмошинах (рис.14.2). И те и другие могут быть прицепными, полуприцепными и самоходными.

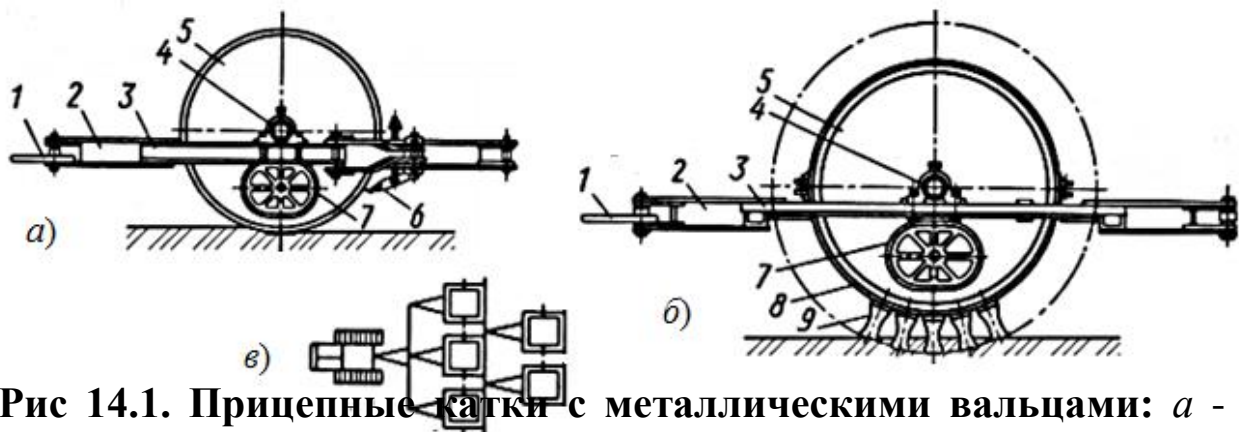


Рис 14.1. Прицепные катки с металлическими вальцами: а - с гладким; б - с кулачковым; в - схема соединения катков для работы в сцепе.

Металлические вальцы изготавливаются в виде полых гладких, кулачковых, решетчатых или сегментных барабанов. Полость гладкого или кулачкового барабана (вальца) можно заполнять балластом – песком или водой, увеличивая вес катка. Для укатки грунта на обширных площадях используют сцепы из двух-пяти катков и более, объединенных общими траверсами.

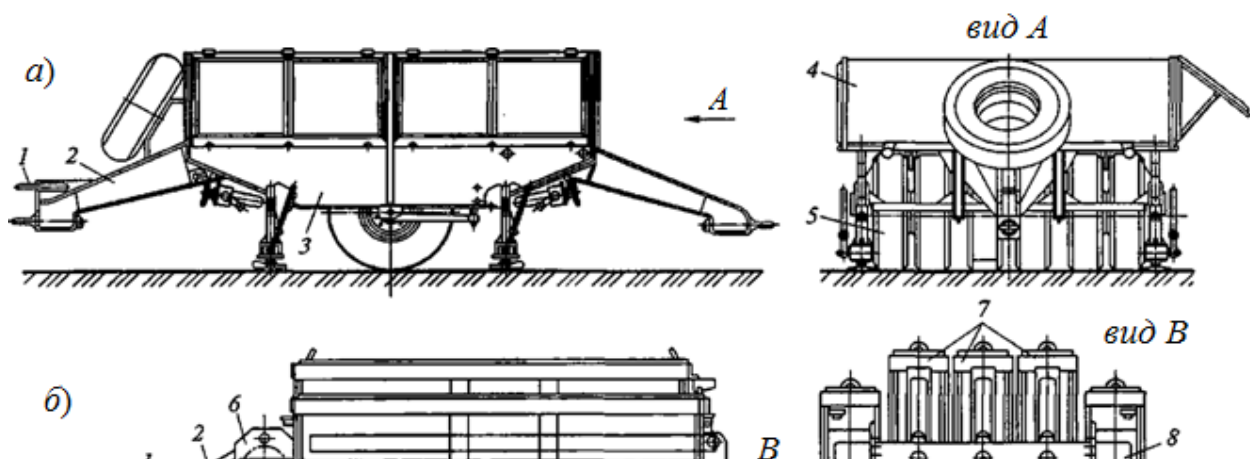


Рис. 14.2. Прицепные пневмокатки (а и б) и схема перекатывания колес с независимой подвеской по неровностям поверхности грунта (в).

Наиболее просты по конструкции катки с гладкими вальцами (рис. 14.1, а). Они состоят из гладкого пустотелого вальца 5 и охватывающей его рамы 3 с дышлом 2 и сцепным устройством 1 на конце. Ось вальца соединена с рамой через подшипники 4 на торцовых шипах. Для увеличения давления на грунт валец загружают песком через люк 7. Налипший на поверхность вальца грунт очищается скребком 6, установленным на раме. Катки этого типа перемещаются за тягачом, обычно трактором. Последовательные проходы выполняют или с разворотами, или челночным способом, для чего тягач перецепляют на противоположную сторону катка. Гладкие катки уплотняют грунт слоями 0,15...0,2 м без его разрыхления или с незначительным разрыхлением на глубину 1...3 см (в несвязных грунтах). Их применяют преимущественно для прикатки в один-два прохода поверхностей, уплотненных другими катками. Ширину вальца рекомендуется принимать равной его диаметру или несколько (до 20%) больше этого размера. При малой ширине каток недостаточно устойчив, а при большой ширине ухудшается его маневренность на поворотах. При повышенных скоростях из-за больших сдвигающих усилий на контактной поверхности формируется менее прочная структура грунта. Наиболее рациональные скоростные режимы – перемещение катка на малой скорости (1,5...2,5 км/ч) на первом и двух последних проходах и на повышенных скоростях (8...10 км/ч) на промежуточных проходах, что обеспечивает увеличение производительности катков примерно в 2 раза по сравнению с работой в однокоростном режиме, удовлетворяющем требованиям прочности поверхности грунта.

Кулачковые катки (рис. 14.1, б) отличаются от катков с гладкими вальцами наличием на рабочей поверхности вальцов

кулачков 9, расставленных в шахматном порядке. Кулачки приваривают или непосредственно к обечайке вальца, или к полубандажам 8, которые затем монтируют на обечайке гладкого вальца. Между рядами кулачков очищают штырями, собранными на общей балке, которая прикреплена к раме вместо скребка. Отечественная промышленность выпускает кулачковые катки массой (с балластом) до 30 т при диаметре вальцов до 2,4 м. Ширина уплотняемой полосы составляет до 2,8 м, а требуемая плотность грунта достигается за 6...10 проходов катка. При работе кулачковых катков грунт уплотняется внедряемыми в него кулачками, а на первых проходах также поверхностью вальца. По мере уплотнения грунта кулачками на глубине при каждом новом проходе их погружение в грунт уменьшается, вследствие чего валец теряет контакт с уплотняемой поверхностью. Из-за высоких контактных давлений в конце уплотнения кулачки будут несколько погружены в грунт, вследствие чего на его поверхности останется разрыхленный слой, который при необходимости прикатывают катками с гладкими вальцами. В отличие от работы катков с гладкими вальцами, когда от прохода к проходу уплотненный слой наращивается от поверхности вглубь, кулачки начинают уплотнение на глубине, наращивая его в направлении к поверхности. Поэтому эффективность уплотнения грунта кулачковыми катками обуславливается возможностью полного погружения кулачков в грунт на первых проходах с уменьшением этого погружения на последующих. Для этого на контактных площадках кулачков с грунтом должно быть достаточное давление для их погружения. Однако при чрезмерном давлении в конце процесса уплотнения кулачки могут быть погружены в грунт настолько, что из-за большого слоя поверхностного разрыхления работа катка окажется нецелесообразной. Такое явление характерно при уплотнении плотных грунтов, для погружения в которые потребуются высокие контактные давления на поверхности кулачков. Но эти давления окажутся уже чрезмерными на заключительной стадии процесса. При уплотнении несвязных и малосвязных грунтов вследствие высоких напряжений происходит перемещение грунтовых частиц вверх и в стороны, вследствие чего практически невозможно достигнуть требуемой плотности. Поэтому кулачковые катки эффективно применять только для уплотнения рыхлых связных грунтов. Минимальный поперечный размер b на опорной поверхности кулачка назначают не менее $1/4$ толщины уплотняемого слоя, а длину кулачка,

$$\ell = 1.4 \cdot H_o + h_p - 2.5 \cdot b$$

(14.1)

где H_o – оптимальная толщина уплотняемого слоя, $H_o = 3,0 \dots 12,0$ м; h_p – допускаемая толщина слоя поверхностного разрыхления, $h_p = 15,0 \dots 04,0$ м.

На каждом 1 м 2 поверхности вальца легких и средних катков устанавливают 20...25 кулачков. Диаметр вальца назначают в зависимости от длины кулачков $D = (5,5 \dots 7,0) \cdot \ell$, а при назначении ширины вальца пользуются прежними рекомендациями для катков с гладкими вальцами. В зависимости от грунта используются кулачки различных форм. Для обеспечения требуемого контактного давления P (от 0,7...2 МПа для легких до 4...6 МПа и более для тяжелых катков) масса вальца должна быть не меньше $m = k \cdot F \cdot z / g$.

Для уплотнения легких и тяжелых суглинков, а также грунтов различной влажности требуемую массу вальца корректируют балластом. Для обеспечения $K_y = 0,95$ требуемое число проходов $n = S / (F \cdot z)$, а для $K_y = 0,98 \dots 0,1$ требуемое число проходов увеличивают в 2...3 раза.

где F – площадь опорной поверхности кулачка; z – число кулачков в одном ряду по образующей вальца; g – ускорение свободного падения; S – площадь поверхности вальца; k – коэффициент неравномерности перекрытия поверхности кулачками, в среднем $k = 1,3$;

Промышленностью выпускает прицепные пневмоколесные катки массой до 25 т (с балластом). (рис.14.2). Ширина уплотняемой полосы достигает 2,6 м, а толщина уплотняемого слоя 0,35 м. Требуемая плотность грунта достигается за 6...10 проходов. Прицепной пневмоколесный каток соединяется с тягачом (трактором или автомобилем) посредством дышла 2 и сцепки 1. Он имеет четыре-шесть пневматических колес 6, соединенных с рамой через балансиры, и по числу колес несколько балластных ящиков 4. Крайние балластные ящики жестко соединены между собой передней 3 и задней 5 поперечными балками, а ось каждого из колес крепится к днищу соответствующего балластного ящика. Средние ящики балансируют закреплены на задней поперечной балке. Такая конструкция обеспечивает постоянный контакт всех колес с неровной поверхностью укатки (рис. 14.2,б) и равномерную передачу нагрузки на грунт каждым колесом. Катки с общей осью колес этими свойствами не обладают, и при их перемещении может нарушаться

контакт отдельных колес с грунтом. Пневматические шины сжимаются и по сравнению с жесткими вальцами они имеют большие площади контакта с грунтом, что повышает продолжительность нагружения грунта в каждом проходе катка и уменьшает количество проходов. Пневматические шины размещают не вплотную, а с зазорами. Наибольшая допустимая величина зазора определяется эмпирической зависимостью $e = 0,3...0,4 \cdot B$, где: B – ширина шины. Если зазоры между шинами превосходят эти пределы, то наблюдается выдавливание грунта в межколесное пространство, что снижает эффективность уплотнения и увеличивает силу тяги и затрачиваемую мощность. Уплотнение имеет место не только под пневмоколесами, но между ними (зона С на рис. 14.3). В зонах А и В уплотнение произойдет в последующих проходах при смещении катка. Степень уплотнения, достигаемая пневмоколесными катками, определяется давлением воздуха в шинах, массой катка, требуемым числом проходов и оптимальной толщиной слоя уплотняемого грунта. Полуприцепные пневмокотки для работы в агрегате с колесными тракторами и одноосными тягачами унифицированы с описанными прицепными катками с независимой подвеской и отличаются от последних лишь сцепными устройствами.

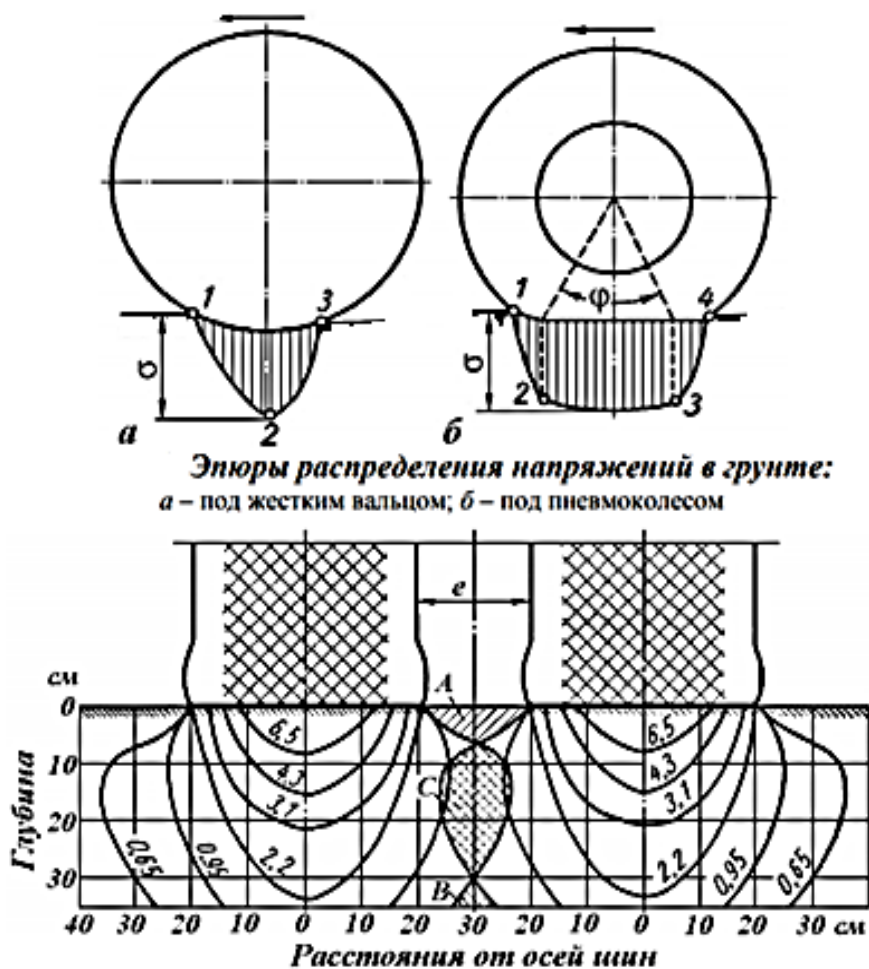


Рис. 14.3. Распределение напряжений в грунте под пневмоколесами.

Наибольшая масса выпускаемых промышленностью полуприцепных пневмокатков (с балластом) составляет 54 т при ширине уплотняемой полосы до 2,8 м и глубине уплотнения до 0,43 м. Требуемая степень уплотнения достигается за 5...10 проходов при рабочих скоростях передвижения 11...15 км/ч. На первых проходах, когда грунт еще рыхлый, шина погружается в грунт подобно жесткому вальцу, деформируя (уплотняя) его. По мере повышения плотности грунта его деформация уменьшается, а деформация шины увеличивается с развитием контактной поверхности, чем достигается более равномерное контактное давление.

На самоходных пневмокатках устанавливают четыре задних и три передних колеса, располагая их в плане в шахматном порядке, что обеспечивает удовлетворительное перекрытие смежных уплотняемых полос. Нагрузка от массы машины, включая балласт, распределена между колесами равномерно, что поддерживается системой

централизованного регулирования давления воздуха в шинах 0,3...1 МПа. Независимая подвеска колес, возможность качания каждого из мостов посредством балансира на угол до 10° обеспечивают хорошую приспособляемость к неровностям грунта. Направление движения изменяется поворотом переднего моста относительно вертикального шарнира. Катки оборудуют дизелями с гидромеханическими трансмиссиями. Самоходные пневмокати применяют для уплотнения грунтов и покрытий дорог. В последнем случае, особенно на укатке черных и асфальтобетонных покрытий, их оборудуют шинами с гладкими протекторами и пневматическими распылителями воды для смачивания и охлаждения шин. Отечественная промышленность выпускает самоходные пневмокати массой (с балластом) 16 и 30 т.

Трамбующие машины уплотняют грунт ударами падающей массы. Трамбованием уплотняют как связные, так и несвязные грунты слоями большой толщины (1...1,5 м). Рабочие органы трамбующих машин в виде чугунных или железобетонных плит круглой или квадратной формы навешивают на экскаваторы или специально приспособленные для этого машины. В первом случае в качестве базовой машины используют одноковшовый экскаватор со стрелой драглайна, к подъемному канату которого подвешивают плиту массой 0,8...1,5 т с площадью опорной поверхности около 1 м². Вспомогательным канатом с легким оттяжным грузом предупреждают закручивание основного каната. Плиту поднимают на высоту 1,2...2 м, с которой ее сбрасывают отключением от трансмиссии барабана подъемной лебедки. Тремя-шестью ударами плиты о грунт достигают его уплотнения на глубину 0,8...1,5 м. Продолжительность рабочего цикла с учетом поворотных движений экскаватора в плане составляет в среднем 12...20с, что определяет невысокую производительность этого способа. Применение экскаваторов для уплотнения грунтов экономически невыгодно вследствие высокой стоимости этих машин, а также из-за повышенного износа подъемного и передающих механизмов в описанном режиме нагружения. По этой причине указанный способ уплотнения грунтов имеет ограниченное применение – в местах, труднодоступных для других грунтоуплотняющих машин. Для уплотнения грунтов на объектах с широким фронтом работ используют самоходные трамбующие машины на базе гусеничного трактора класса 10...15 (рис. 14.4).

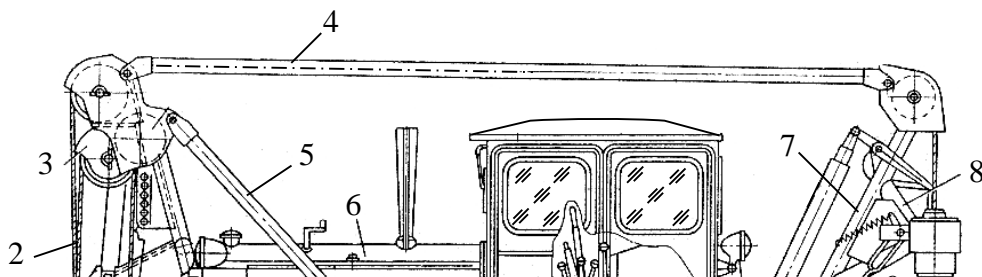


Рис. 14.4. Самоходная трамбовочная машина: 1-механизм кривошипа; 2-полистпаст; 3-блок; 4-направляющие труба; 5,7-раскосы; 6-трактор; 8-держатель; 9-крюк; 10-груз; 11-направляющий; 12-редуктор.

Машина оборудована двумя перемещающимися по направляющим чугунными 11 плитами 10 массой 1,3 т каждая, которые поочередно поднимаются и падают на уплотняемую поверхность при непрерывном движении базового трактора 6. В зависимости от содержания в грунте глинистых частиц уплотнение на глубину до 1,2 м достигается за три-шесть ударов плиты по одному месту. Соответствующая этим требованиям скорость передвижения трактора составляет 160...320 м/ч. Предельный (разрушающий) импульс для малосвязанных грунтов (песчаных и супесчаных) ~ 5 кПа, а для весьма связных глинистых грунтов ~ 30 кПа.

Вибрационное уплотнение производится виброплитами, вибротрамбующими машинами и виброкатками. При уплотнении несвязных грунтов слоями 0,4...0,8 м эта глубина увеличивается в 1,5 раза, а с увеличением толщины уплотняемого слоя до 0,8...1,2 м – в 1,2 раза. При оптимальную толщину уплотняемого слоя грунта принимают равной половине активной глубины. При уплотнении связных грунтов наиболее целесообразна толщина слоя 0,6...0,8 м. $K_y = 0,98...1$. Для уплотнения несвязных и слабосвязных грунтов на ограниченных поверхностях применяют вибрационные поверхностные уплотнители (виброплиты). Грунт уплотняют плитой-поддоном 1 (рис. 14.5, а и б), которой сообщаются колебания, генерируемые двухдебалансным вибратором 2. Принцип работы двухдебалансного вибратора направленного действия показан на рис.14.5,д.

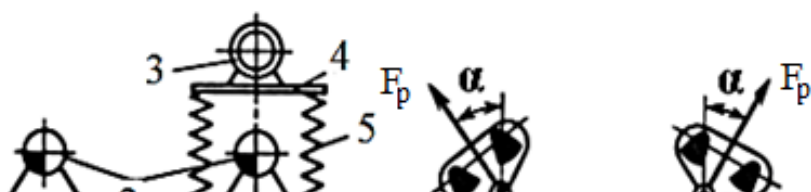


Рис. 14.5. Виброплиты: *a* – одномассная; *б* – двухмассная; *в, г* – схемы перемещения виброплиты; *д* – принцип работы вибратора направленного действия.

При вращении дебаланса массой m с угловой скоростью ω и смещении центра масс от оси вращения (эксцентриситете) r центробежная сила составит

$$F_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot r.$$

Два дебаланса с одинаковыми параметрами смонтированы в одном корпусе и им сообщается встречное вращение. Результирующая центробежных сил (вынуждающая сила) будет равна $F_p = 2 \cdot P \cdot \cos(\omega t)$ и направлена перпендикулярно плоскости осей вращения дебалансов. Составляющие центробежных сил в этой плоскости взаимно уравновешиваются.

Вибратор обычно устанавливают на поддоне, а приводящий его двигатель 3 или на том же поддоне, или на специальном подрамнике 4, опирающемся на поддон через пружины 5 или резиновые амортизаторы. Первую схему называют одномассной, а вторую двухмассной. Благодаря мягкой подвеске верхняя часть двухмассной виброплиты (14.5,б) не участвует в колебаниях, но воздействует на грунт своей силой тяжести, что улучшает условия работы двигателя, а также снижение до минимума инерционных потерь энергии. В среднем подпружиненная масса составляет 40...50% общей массы виброплиты. При двухмассной виброплите вращение дебалансам передается от двигателя через гибкую, обычно клиноременную, передачу с автоматическим обеспечением заданного натяжения ремней. При одномассной виброплите вибратор устанавливают на ее поддоне на шарнире с возможностью его отклонения вручную и фиксации в заданном положении. При наклоне вибратора на угол α от вертикали возникнет горизонтальная составляющая вынуждающей силы. Если эта составляющая превзойдет сопротивление передвижению виброплиты, то плита начнет перемещаться в

направлении отклонения вибратора от вертикали (рис. 14.5, в,г). Управляет виброплитой оператор с помощью рычагов, установленных на дышле, которое соединено с плитой также через амортизаторы. Поворотом дышла изменяется направление самопередвижения виброплиты. Виброплиты транспортируют на специальных тележках, буксируемых трактором или автомобилем. Современные виброплиты производительностью 300...900 м²/ч массой 150...1400 кг уплотняют грунт на глубину 0,3...1 м. На эффективность виброуплотнения грунта существенно влияет его влажность. Наименьшая продолжительность уплотнения соответствует влажности грунта, превышающей стандартную на 10...20%. С уменьшением влажности эффект уплотнения снижается, и при ее значении, составляющем 70...80% оптимальной для стандартного уплотнения, довести грунт до плотности $K_y = 0,95$ этим способом практически не удастся. Машина приспособлена для грунтоуплотнительных работ в тесных местах на ограниченной площади. Она может поворачиваться на месте в обе стороны, перемещаться задним ходом. С возрастанием вынуждающей силы виброуплотнение может перейти в вибротрамбование с отрывом рабочего органа от уплотняемой поверхности грунта и частыми ударами по ней. Этот переход осуществляется при отношениях вынуждающей силы к силе тяжести рабочего органа от 0,7...1 при частоте колебаний 12...25 Гц до 1,4...2,3 при частоте 50...85 Гц. В случае уплотнения несвязных грунтов этим отношениям соответствуют амплитуды, равные 0,3...0,4 мм. Для привода вибратора двигатель (карбюраторный, дизель, реже электрический) выбирают по мощности, удельное значение которой (на 1 т массы виброплиты) принимают от 7...10 кВт/т при частоте 20 Гц до 22...35 кВт/т при частоте 75...90 Гц.

Ударно-вибрационный способ уплотнения грунтов реализуется в самоходной машине на базе гусеничного трактора с навесным трамбовочным оборудованием (рис. 14.6). Рабочее оборудование состоит из двух виброударных рабочих органов, смонтированных на раме 11, способной перемещаться в поперечном направлении на 0,5...0,7 м от следа базового трактора для уплотнения грунтов вне полосы его движения. Генератором вертикальных перемещений трамбующей плиты 10 на каждом рабочем органе служит вибромолот 5, приводимый гидромотором-редуктором 3 через двухступенчатую клиноременную передачу 4. Вибромолот устроен подобно вибратору направленного действия и отличается от последнего тем, что его

корпус может перемещаться по вертикальным направляющим 6, на которых его среднее (нерабочее) положение фиксировано пружинами 7. В процессе этих перемещений, вызванных вынуждающей силой дебалансов, вибромолот ударяет бойком 9 в нижней части своего корпуса по наковальне 8, жестко соединенной с трамбуемой плитой 10. Таким образом, трамбуемая плита воспринимает ударные нагрузки через наковальню, а вибрационные – через пружины 7 и направляющие 6, сочетая в воздействии на грунт эффекты трамбования и виброуплотнения. Рабочее оборудование устанавливается на раме 1, которую через амортизаторы 12 шарнирно крепят на лонжеронах гусеничных тележек базового трактора. Посредством гидроцилиндра 2 рабочее оборудование может быть установлено в рабочее положение или поднято для транспортного передвижения машины. Ударно-вибрационную машину комплектуют бульдозерным отвалом 14 с планирующей плитой 13 для разравнивания грунта в полосе перемещаемого следом рабочего органа.

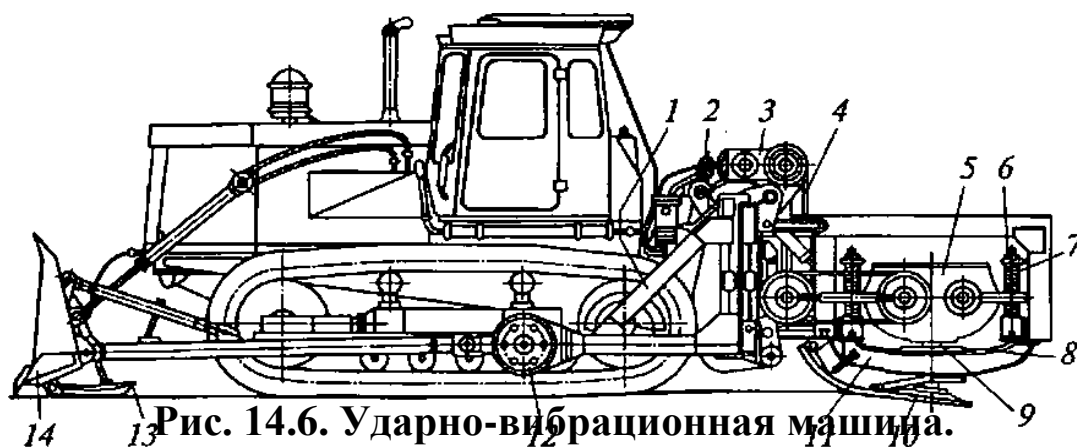


Рис. 14.6. Ударно-вибрационная машина.

Для уплотнения малосвязных грунтов весьма эффективно применять вибрационные катки с гладкими, кулачковыми или решетчатыми вальцами, внутри которых вмонтирован вибратор направленных колебаний, приводимый от автономного двигателя, установленного на раме катка. Эффективность уплотнения достигается путем совместного действия на грунт гравитационных и вынуждающих сил, генерируемых вибратором, что позволяет получить требуемую плотность грунта при сравнительно меньшей массе катка. Так, при уплотнении песков путем вибрационного воздействия масса катка может быть снижена примерно в 5 раз, при супесях – в 2 раза, а при уплотнении средних и тяжелых суглинков лишь на 10...30%. Эффективность вибрационного воздействия

снижается с увеличением содержания в грунте глинистых частиц. Поэтому для уплотнения связных и высокосвязных грунтов требуется применять весьма тяжелые катки. Виброкатки могут работать в вибрационном и виброударном режимах. Последний наступает при амплитудах вынуждающей силы, превышающих удвоенную силу тяжести катка.

Для уплотнения малосвязных грунтов эффективно применять вибрационные катки гладкими, кулачковыми или решетчатыми вальцами, внутри которых вмонтирован вибратор направленных колебаний, приводимый в движение от автономного двигателя, установленного на раме катка. Эффективность уплотнения достигается совместным действием на грунт гравитационных и вынуждающих сил, генерируемых вибратором, что позволяет получить требуемую плотность грунта при сравнительно меньшей массе катка. Так, при уплотнении песков путем вибрационного воздействия масса катка может быть снижена примерно в 5 раз, при супесях в 2 раза, а при уплотнении средних и тяжелых суглинков лишь на 10...30 %. Эффективность вибрационного воздействия снижается с увеличением содержания в грунте глинистых частиц. Поэтому для уплотнения связных и высокосвязных грунтов требуется применять весьма тяжелые катки.

Контрольные вопросы.

1. Для чего уплотняют грунты? Объясните сущность уплотнения. Каким показателем оценивают степень уплотнения? Какими способами уплотняют грунты? Какие машины для этого используют? Для чего применяют двухстадийное уплотнение грунтов легкими и тяжелыми машинами? Оцените его эффективность по сравнению с одностадийным уплотнением тяжелой машиной.

2. Для чего предназначены, как устроены и как работают катки с металлическими вальцами (гладкими, кулачковыми, решетчатыми)?

3. Чем отличается уплотнение грунта гладкими и кулачковыми катками?

4. Для чего предназначены, как устроены и как работают прицепные пневмоколесные катки, полуприцепные пневмоколесные катки, самоходные пневмоколесные катки? комбинированные катки?

5. Как уплотняют грунты трамбуемыми плитами, навешиваемыми на экскаваторы? Каковы достоинства и недостатки этого способа? Каков принцип действия трамбуемых машин?

6. Для чего применяют, как устроены и как работают виброплиты? Опишите принцип действия вибратора направленных колебаний. Чем отличаются одномасные виброплиты от двухмасных? Объясните самопередвижение одномасной виброплиты.

7. Для чего предназначена, как устроена и как работает ударно-вибрационная машина?

8. Для уплотнения каких грунтов применяют виброкатки? Каким устройством создаются направленные колебания вальца катка?

9. Какой эффект достигается совместным действием гравитационных и вынуждающих сил?

Глава 15. Технические средства для гидромеханизации.

15.1. Общие сведения.

Гидромеханизацией называют способ механизации земляных работ, при котором все или основные технологические процессы выполняются за счет энергии потока воды. Этим способом в гидротехническом строительстве возводят плотины, дамбы и насыпи, разрабатывают котлованы под различные гидротехнические сооружения, каналы, углубляют водоемы, добывают и транспортируют песчано-гравийные материалы.

В оборудовании, реализующем способ гидромеханизации, используют устройства для разрушения грунтов как струей воды, так и механическим путем с последующим транспортированием продуктов разрушения в потоке воды и укладкой в земляное сооружение. При гидравлическом разрушении требуемое давление потока воды создается водяным насосом, а струя формируется и направляется на забой гидромонитором.