

## Лекция 8. Машины для уплотнения грунтов

### 1. Основные факторы, влияющие на процесс уплотнения грунта

### 2. Методы уплотнения грунтов

### 3. Машины статического действия

### 4. Машины вибрационного и ударного действия

#### 1. Основные факторы, влияющие на процесс уплотнения грунта.

Уплотнение представляет собой важную часть технологии строительства дорог и оснований под здания и сооружения. В значительной степени от того, как запроектированы и реализованы работы по уплотнению, зависят надежность, качество и долговечность законченного объекта. Правильно выполненное уплотнение позволяет существенно повысить несущую способность и устойчивость сооружаемой насыпи, увеличить ее непроницаемость и в большинстве случаев практически исключить вероятность осадки. В результате грунт насыпи оказывается достаточно прочным, чтобы противостоять воздействию постоянных нагрузок и движению транспортных средств.

Под уплотнением подразумевается повышение плотности материала под действием внешних сил. Грунт состоит из минеральных частиц и пустот, пор, как правило, частично заполненных водой и воздухом. В процессе уплотнения частицы грунта перемещаются, и объем пустот уменьшается, при этом в крупнозернистых грунтах может выделяться вода. Наиболее важными **факторами, которые определяют результат уплотнения**, являются: тип грунта (материала), содержание воды в нем (влажность), метод уплотнения и приложенная энергия.

Если грунт уплотняется одним и тем же способом, но при разной его влажности, то получаемая плотность будет различной. При низкой влажности грунта силы внутреннего трения и сцепления между частицами противодействуют уплотнению, тем самым приходится тратить много экономических и энергетических затрат на работу по уплотнению. При более высокой влажности материал легче поддается уплотнению, а максимальная плотность достигается при оптимальной влажности грунта. Если же количество воды начинает превышать оптимальный предел, грунт становится более легкоуплотняемым. Однако при низкой водопроницаемости рост влажности приводит к уменьшению плотности. Таким образом, при работах по уплотнению очень важно знать влажность уплотняемого грунта.

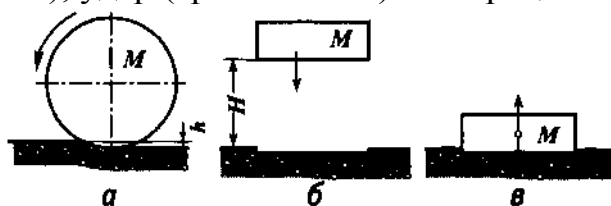
В проницаемых грунтах, таких, как песок и гравий, которые обладают способностью естественного водоотвода, при переориентации частиц, приводящей к более плотной упаковке, происходит отжатие воды. В этом случае оптимальная влажность соответствует полному насыщению пор водой.

Крупнозернистые материалы, в которых сцепление отсутствует (такие как каменная наброска, щебень, гравий и песок), уплотнять легче, чем мелкозернистые грунты. Площадь соприкосновения частиц такого материала мала, по сравнению с мелкозернистыми, и поэтому вибрационный способ, применяемый на таком грунте, позволяет уплотнять их толстыми слоями. Это удобно использовать для сооружения насыпей, поскольку они обладают наиболее высокой несущей способностью, не подвержены набуханию и морозному пучению. Уплотнение мелкозернистых связных материалов, пылевых грунтов и глин в большой степени зависит от их влажности и от погодных условий. Вследствие связности уплотнять количества пылеватого грунта или глины (5—10%) достаточно, чтобы сделать эти материалы столь водопроницаемыми, что их уплотнение становится возможным лишь при оптимальной влажности. Так, например, обстоит дело с большинством материалов для устройства оснований.

Наибольшая плотность достигается при оптимальном содержании воды, представляющим промежуточное состояние между полностью сухим и полностью влажным состоянием грунта. Для определения оптимальной влажности и соответствующей ей максимальной плотности скелета  $\rho_{\max}$  существует несколько способов лабораторных испытаний.

## 2. Методы уплотнения грунтов.

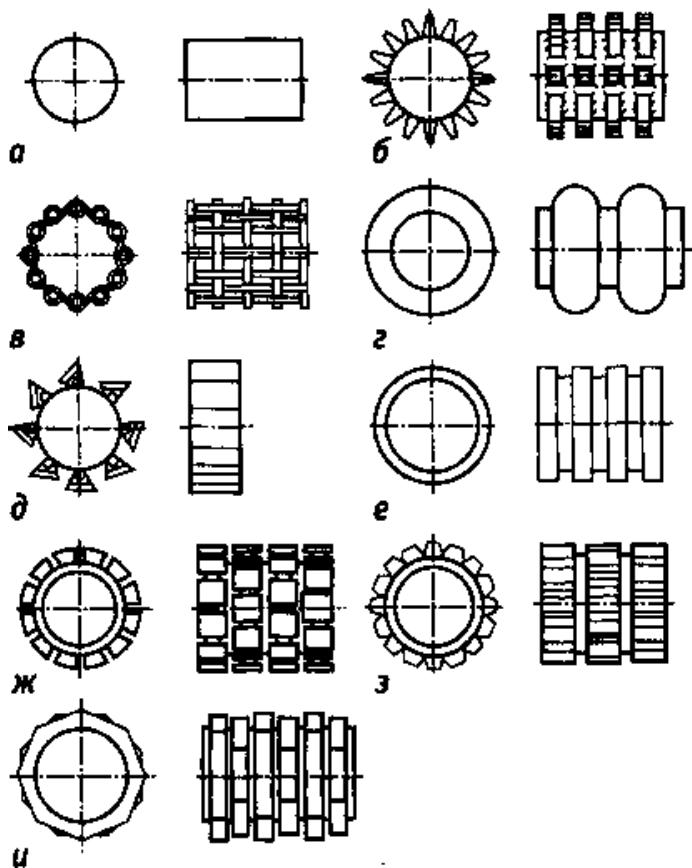
В дорожном, аэродромном, гидротехническом и других видах строительства применяют различные методы уплотнения грунтов (материалов). Наиболее распространенными среди них являются статическое, вибрационное, ударное и комбинированное уплотнение, которое сочетает в себе, как правило, два различных метода уплотнения. Различные принципы уплотнения упрощенно представляют как статическое давление (укатка), удар (трамбование) и вибрацию.



*a* — укатка; *б* — трамбование; *в* — вибрирование.

Рисунок - Методы уплотнения дорожно-строительных материалов

В уплотняющих машинах рабочие органы выполняются в виде плит плоского или криволинейного профиля, в виде гладких, кулачковых, решетчатых, сегментных, ребристых вальцов и в виде пневматических колес. Уплотнение материала различными рабочими органами называют комбинированным.



*a* — гладкий валец; *б* — кулачковый валец;  
*в* — решётчатый валец; *г* — пневматические колеса;  
*д* — валец с плитками, шарнирно присоединенными к ободу колеса;  
*е* — дисковый валец;  
*ж* — сегментный валец; *з* — компакторный валец;  
*и* — валец с набором многоугольных дисков.

Рисунок - Схемы укатывающих рабочих органов

Выбор эффективного метода уплотнения грунта (материала) определяется его структурой и проверяется экспериментальным путем. Для каждой из структур может оказаться эффективным несколько методов уплотнения.

Статические катки с гладкими металлическими вальцами, катки на пневматических шинах, решетчатые и сегментные оказывают на поверхность грунта статическое давление различной величины. Катки решетчатые, сегментные и кулачковые помимо давления оказывают на грунт перемешивающее воздействие, а катки на пневматических шинах обладают способностью оказывать на поверхность грунта закрывающее или герметизирующее действие.

Статическое уплотнение создается гладким вальцом или вальцом с другой формой рабочей поверхности при малой скорости движения машины, которая своим собственным весом оказывает давление на поверхность. Так как величина статического давления в грунте резко снижается по глубине, то статическое уплотняющее оборудование не обеспечивает должной глубины сжатия грунта, что приводит к необходимости дополнительного уплотнения нижних слоев.

Вибрационное уплотнение обеспечивается благодаря установке виброгенератора, воздействующего на рабочий орган машины. Оборудование генерирует волновые удары, распространяющиеся во внутренние слои грунта и приводящие его частицы в движение. Этим снижается колебание, внутреннее трение в грунте и частицы перегруппировываются в более плотное расположение. Увеличение числа точек соприкосновения частиц повышает несущую способность грунта.

При трамбовании грунт уплотняется ударами плит, падающих свободно или опускаемых принудительно. Здесь используется ударная сила, которая образует в грунте волну сжатия, распространяющуюся по глубине слоя.

Рабочие органы могут быть жесткими, так и эластичными. Металлические вальцы катков – жесткие рабочие органы, пневматические шины – эластичные. Шины в процессе укатки деформируются, что увеличивает поверхность контакта с материалом и более равномерно распределяет давление по этой поверхности.

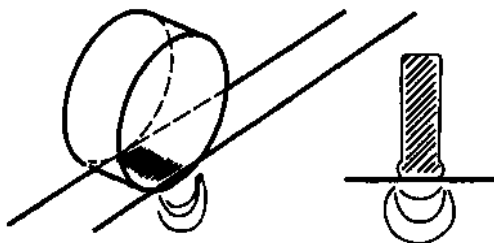


Рисунок - Напряжения, возникающие в грунте под стальным барабаном пневматической шиной.

*Укатка* является наиболее широко распространенным способом уплотнения. Уплотнение при этом методе происходит под статическим воздействием веса катка с установленными на нем вальцами, и перекатываемого с небольшой скоростью по поверхности уплотняемого материала. После каждого прохода уплотняющей машины обрабатываемый слой приобретает остаточную деформацию, величина которой зависит от веса катка и физико-механических свойств уплотняемого грунта (материала). С каждым последующим проходом плотность материала увеличивается, а остаточная деформация уменьшается и к концу укатки становится практически равной нулю. При этом достигнутая плотность материала при данном весе катка является максимальной. Дальнейшее увеличение плотности уплотняемого материала может быть достигнуто лишь увеличением веса машины. Укатка широко применяется при уплотнении гравийных, щебеночных и асфальтобетонных покрытий.

*При трамбовании* уплотнение производится путем динамического воздействия периодически поднимаемой на высоту  $H$  массы  $M$ , падающей затем на поверхность

уплотняемого материала.

Преимуществом трамбования является возможность уплотнения грунтов слоями большой толщины. На эффективность уплотнения трамбованием наибольшее влияние оказывают вес рабочего органа, скорость в момент удара и время взаимодействия рабочего органа с грунтом. Этот метод применим при уплотнении как связных (глина, суглинки), так и несвязных (песок, супесь) грунтов.

При уплотнении *вибрацией*, также оказывающей динамическое воздействие на уплотняемый материал, масса  $M$  помещается или на поверхности уплотняемого материала (поверхностное вибрирование), или внутри этого слоя (глубинное вибрирование). При помощи специального механизма — вибратора, укрепленного на массе  $M$ , ей сообщается колебательное движение большой частоты. За счет кинетической энергии колеблющейся массы объем уплотняемого материала, расположенный в зоне действия вибратора, также приходит в состояние колебательного движения. При этом частицы уплотняемого материала приобретают большую подвижность и смещаются одни относительно других; их расположение становится более компактным и плотным: происходит уплотнение материала. Этот метод применим к уплотнению несвязных или мало связных грунтов, у которых силы связи между отдельными частицами малы и могут быть преодолены в результате воздействий вынуждающей силы вибратора.

Поверхностное виброуплотнение может осуществляться как виброплитами, так и виброкатками. При этом рабочий орган может колебаться как с отрывом, так и без отрыва от поверхности материала. Режим работы вибрационной машины с отрывом рабочего органа от уплотняемой поверхности называют вибротрамбованием.

В настоящее время виброуплотнение в сравнении с другими методами уплотнения получило наибольшее применение.

В строительстве применяются также уплотняющие машины комбинированного действия, использующие одновременно не один, а два или все три основных метода уплотнения. Это позволяет использовать положительные стороны каждого метода и в значительной степени повысить эффективность уплотнения, а так же расширить область применения уплотняющей техники.

### **3. Машины статического действия.**

Среди уплотняющих машин катки статического действия являются наиболее распространенными и простыми машинами для уплотнения грунтов и строительных материалов.

Классификация:

- *по способу передвижения* - прицепные, в которых вес полностью передается на уплотняемый материал;
  - полуприцепные, в которых часть веса передается на тягач;
  - самоходные;
- *по виду рабочего органа* - с гладкими металлическими вальцами,
  - с кулачковыми вальцами,
  - с пневмокалесными катками,
  - комбинированные.

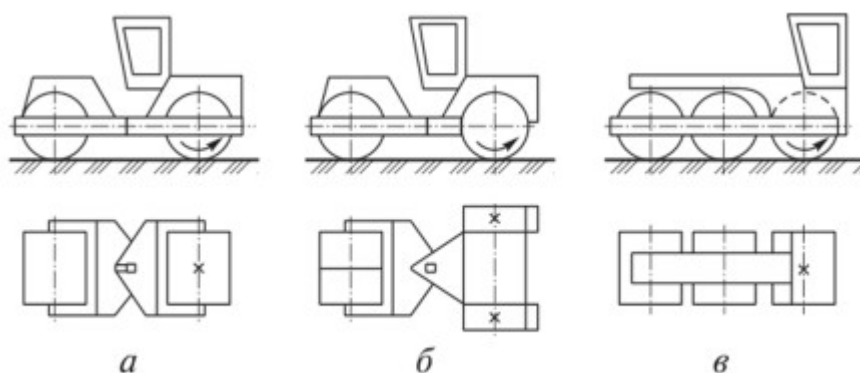
Главными параметрами катков статического действия, характеризующими их уплотняющую способность, служат вес и удельное давление, приходящееся на 1 м ширины вальца или протектора шины у пневмоколесных и на 1 м<sup>2</sup> площади кулачка у

кулачковых.

*Катки с гладкими металлическими вальцами.* Эти катки имеют барабаны цилиндрической формы. Их уплотняющее воздействие обеспечивается весом катка, который можно увеличить дополнительным балластом (это относится также и к другим каткам). Катки классифицируют

- по типоразмеру: - легкие (распределённая нагрузка менее 40 кН/м, масса до 5 т),
  - средние (распределённая нагрузка менее 40-60 кН/м, масса до 6-10 т),
  - тяжелые (распределённая нагрузка более 60 кН/м, масса более 10 т).
- по числу и расположению вальцов: - одновальцовыми с поддерживающими вальцами или колесами,
  - двухвальцовыми (тандем) с одним или двумя ведущими вальцами;
  - трехвальцовыми двухосными;
  - трехвальцовыми трехосными с одним или тремя ведущими вальцами.

Легкие катки используют для предварительного уплотнения грунтовых, гравийных и щебеночных оснований, а также покрытий. Средние катки служат для промежуточного уплотнения оснований и покрытий, а тяжелые катки — для окончательного уплотнения. Для получения необходимого уплотнения материала обычно требуется несколько проходов: число их зависит от типа катка, свойств укатываемого материала и толщины уплотняемого слоя.



а - двухвальцовый (тандем) , б - трехвальцовый двухосный, в - трехвальцовый трехосный

Рисунок - Схемы катков с гладкими вальцами

Среди катков с гладкими металлическими вальцами наибольшее применение получили двухвальцовые двухосные и трехвальцовые трехосные. Одновальцовые катки статического действия в виду малой массы практически не применяются. Для уплотнения грунтов в стесненных условиях в настоящее время используют одновальцовые катки вибрационного действия. Двухвальцовые катки (тандем) имеют вальцы одинаковой ширины и диаметра; они бывают легкого, среднего и тяжелого типов. Один из вальцов ведущий, а второй управляемый. В связи с необходимостью поворота, ширина вальца не может быть больше 1300 мм, иначе на поверхности покрытия появятся дефекты. Подвеска переднего управляемого вальца обеспечивает поперечный наклон его в вертикальной плоскости на угол до 35° при наездах одной стороной на препятствия. Привод ведущего вальца (вальцов) осуществляется от гидродвигателя.

Трехвальцовые двухосные катки бывают среднего и тяжелого типов. Диаметр задних ведущих валцов примерно в 1,3... 1,6 раза больше диаметра переднего и в 2 раза больше нагрузки от переднего вальца. Уплотнение материала производится в основном задними вальцами. Задняя ось снабжена дифференциалом, что позволяет легко проходить по кривым малого радиуса без повреждения уплотняемого покрытия. Ширина, переднего вальца такая, что при движении катка его след перекрывается задними вальцами на 100 мм с каждой стороны, при этом перекрытие должно сохраняться и на поворотах. Каток имеет высокую поперечную устойчивость. Такое расположение валцов способствует компоновке агрегатов, облегчающих доступ к ним. Большой диаметр ведущих валцов улучшает качество укатки и дает возможность легко преодолевать встречающиеся сопротивления. Однако для обеспечения необходимой и одинаковой плотности слоя по всей ширине основания таким катком требуется большое количество проходов, чем катками с двумя вальцами.

Трехвальцовые трехосные катки имеют валцы одинаковой ширины и бывают тяжелого, реже — среднего типа. Наиболее высокое качество уплотнения обеспечивают катки со всеми ведущими вальцами. Один из ведомых валцов (передний) свободно перемещается в вертикальной плоскости, что позволяет при транспортном положении копировать профиль дороги, не загружая раму. При необходимости валец может быть зафиксирован в определенном положении. Такая конструкция обеспечивает безволновую укатку покрытия и рациональное распределение веса катка по вальцам. Ведущий валец расположен на оси, которая закреплена в опорах рамы. В трансмиссии катка предусмотрен центральный реверсивный механизм, совмещенный с муфтой сцепления и обеспечивающий плавное переключение с переднего хода на задний, независимо от скорости движения. Поворот ведомых валцов осуществляется от гидропривода.

*Катки на пневматических шинах (пневмокатки)* получили широкое применение, так как могут уплотнять все виды грунтов.

Типы и размеры катков на пневмошинах весьма разнообразны. Прицепные пневмокатки изготовляют четырех типоразмеров:

- легкие массой (с балластом)  $(15\pm 3)$  т,
- средние —  $(25\pm 4)$  т,
- тяжелые —  $(50\pm 6)$  т,
- особо тяжелые — более 100 т.

Прицепные одноосные катки обычно имеют от 4 до 6 колес. Наибольшее применение получили катки массой 25 и 50 т.

Полуприцепные пневмоколесные катки выполняют трех типоразмеров:

- легкие массой (с балластом)  $(15\pm 3)$  т,
- средние  $(30\pm 6)$  т,
- тяжелые  $(45\pm 9)$  т.

Их агрегатируют с одно- или двухосными тягачами.

Самоходные пневмоколесные катки, снабженные собственным двигателем и ходовой трансмиссией. По массе их подразделяют:

- на легкие (10... 15 т),
- средние (20...30 т),
- тяжелые (40...50 т).

Самоходные катки на пневмошинах имеют две оси: ведущую и ведомую; общее количество колес 7...9. Колеса на обеих осях расположены так, чтобы шины задних колес шли по следу между шинным промежутком передних при этом обеспечивается укатка

всей поверхности уплотняемого слоя.

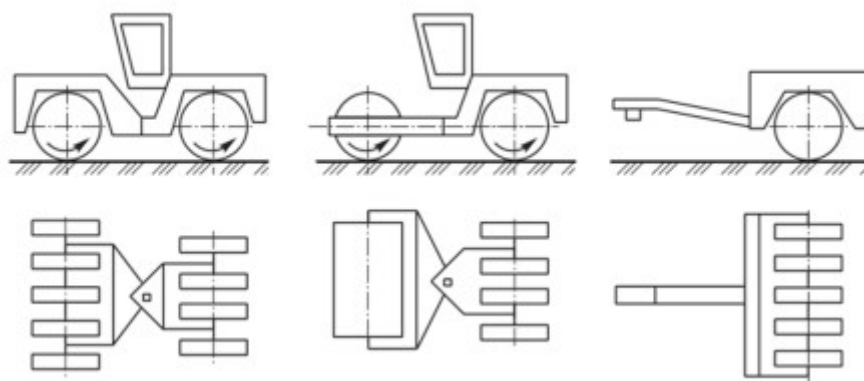


Рисунок - Схема пневмоколесных катков

Подвеску пневмоколес разделяют на жесткую и независимую (свободную), причем последняя получила большее применение. Каток с независимой подвеской состоит из 4...6 секций, шарнирно прикрепленных к раме. Каждая секция имеет свой пневмоколесный ход и свой балластный контейнер для загрузки грунтом, камнем или чугунными плитами. Независимая подвеска колес обеспечивает свободное копирование неровностей поверхности грунта и постоянный контакт пневмошин с грунтом.

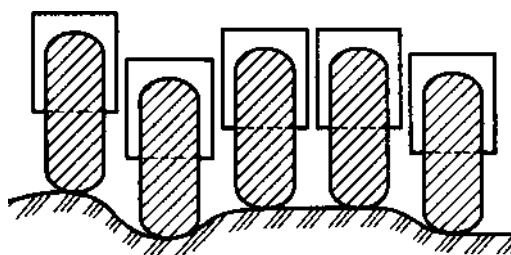


Рисунок - Схема независимой подвески пневмокотка

Под пневмокотком грунт находится в напряженном состоянии более продолжительное время, чем под жестким ободом. Больше и площадь контакта с поверхностью грунта, что зависит от давления воздуха в шине. Все это повышает качество и глубину уплотняемых слоев грунта. Оптимальное значение давления в шинах при уплотнении песка составляет 0,2...0,3 МПа; для супесей — 0,3...0,4 МПа; для суглинков и глин — 0,5...0,6 МПа. В конструкции большинства пневмоколесных катков предусмотрено регулирование давления воздуха в шинах на ходу в процессе работы.

Существует три основных типа пневматических шин: диагональные, радиальные и широкопрофильные. Диагональные и радиальные шины являются более универсальными и рассчитаны на различные давления воздуха от 0,3 до 0,9 МПа, в зависимости от каркаса. Радиальная шина дает более равномерное распределение давления, чем шина диагональная. Это снижает риск образования следов шин. Широкопрофильные шины используются при фиксированном давлении, равном 0,4 МПа. Их используют на укрепленных грунтах.

Легкие и средние пневмошинные катки наиболее пригодны для уплотнения тонких слоев грунта на глубину до 0,1...0,15 м; тяжелые пневмокотки могут обеспечить уплотнение на глубину до 0,7 м. Необходимое количество проходов по одному следу

зависит от физико-механических свойств грунта, климатических условий, толщины отсыпки и других факторов и определяется на месте замером достигнутой плотности грунта. Ориентировочно необходимое количество проходов пневмокатка по одному следу при уплотнении связных грунтов составляет 6...8. При несвязных грунтах оно в два раза меньше.

Самоходные, так же как и полуприцепные, катки характеризуются сравнительно высокими транспортными скоростями (до 40 км/ч) и маневренностью.

*Кулачковые катки* предназначены для уплотнения связных и комковатых грунтов. Их изготавливают прицепными, полуприцепными и самоходными. Они представляют собой гладкий полый стальной валец диаметром 1,0...2,6 м, к внешней поверхности которого приварены уплотняющие кулачки. Валец имеет загрузочный люк для заполнения балластом - песком или водой.

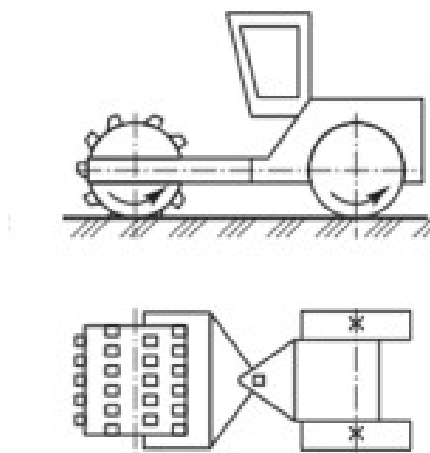


Рисунок - Схема катка с кулачковым валом

По давлению на грунт катки разделяют:

- лёгкие (0,4...2 МПа),
- средние (2...4 МПа),
- тяжелые (4...10 МПа).

Кулачки могут иметь различную форму, однако они должны обеспечивать уплотнение на максимальную толщину отсыпаемого слоя и минимальное разрыхление поверхностного слоя при выходе кулачка из грунта.



а - симметричные, б - шиповой. в - сегментный

Рисунок - Виды кулачков

Симметричные (реверсивные) кулачки, ранее широко применявшиеся на отечественных катках, хорошо погружаются в грунт и выходят из него без излишнего

разрыхления поверхности, однако происходит налипание грунта на шейку кулачка. И они теряют свое преимущество.

В настоящее время в отечественных и зарубежных катках наиболее широко применяют шиповые кулачки, имеющие форму усечённого конуса, а также сегментные, имеющие форму равнобедренной трапеции. Шиповой кулачок — высокий с соотношением длины кулачка к диаметру вальца 1:6 — 1:7, сегментный — более низкий и широкий и, как показала практика, обеспечивает ударное воздействие на грунт. В плане опорная поверхность кулачка выполняется круглой, квадратной или эллиптической.

Количество кулачков на вальце должно быть как можно большим, чтобы снизить необходимое количество проходов. Однако наличие большого количества кулачков повлечёт за собой увеличение общей массы катка и усилит склонность грунта к налипанию. Практика показывает, что удовлетворительная работа имеет место в том случае, когда количество кулачков, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> поверхности вальца, равно 20...25 для легких и средних и 15...20 для тяжёлых катков. Наиболее целесообразно расположение кулачков на поверхности вальца — шахматное.

Напряжение на поверхности контакта кулачков с грунтом в несколько раз больше, чем напряжение под катком с гладкими вальцами. Поэтому при первом проходе, когда грунт ещё рыхлый, кулачки полностью погружаются в него и в результате в контакт с грунтом входит также валец при уплотнении связных, преимущественно комковых грунтов.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает кулачковые катки массой (с балластом) 9 и 18 т. Толщина уплотняемых слоев для этих катков достигает, соответственно 0,2 и 0,3 при 8... 12 проходах. При работе кулачкового катка верхняя часть слоя грунта разрыхляется во время выхода кулачков на поверхность. Эта часть слоя может быть доуплотнена с помощью машин других типов (например, катками на пневматических шинах).

*Решетчатые, сегментные и пластинчатые катки.* За последнее время за рубежом получили распространение катки с решетчатыми (из плетеной или сварной металлической сетки) и сегментными обечайками на укатывающих вальцах. Такие катки предназначены для уплотнения связанных и несвязанных комковатых грунтов, для дробления и уплотнения сухих, комковатых насыпных грунтов и разрыхленных старых грунтовых, стабилизированных и гравийно-щебеночных оснований и покрытий. Катки можно применять зимой. Решетчатые катки бывают как самоходными, так и прицепными, а сегментные и пластинчатые — только самоходными.

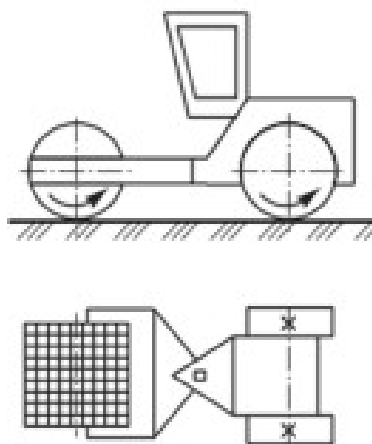


Рисунок - Схема решетчатого катка

Большинство самоходных решетчатых катков представляют собой обычные дорожные моторные двухосные трехвальцовые катки, у которых задние вальцы могут быть или с цельной металлической обечайкой или с решетчатой, а передний валец всегда с решетчатой обечайкой. Решетчатая обечайка переднего вальца сварена или сплетена из стальных прутьев диаметром 30...40 мм. Диаметр вальца до 2,5 м при ширине уплотняемой полосы - 2,9 м. Внутри вальца установлены два конуса для очистки и отбрасывания в стороны провалившиеся через ячейки вальца комья грунта. На прицепном катке может быть размещен балласт, который размещают либо внутри вальца либо на раме.

Самоходные катки с сегментными вальцами предназначены для тех же целей, что и решетчатые.

#### **4. Машины вибрационного и ударного действия.**

Вибрационные машины уплотняют материал энергией импульсов, следующих один за другим с короткими промежутками. Они сообщают частицам материала ускорение. Возникающие силы инерции отдельных частиц не одинаковы, ввиду различия их массы. После преодоления действующих между частицами сил трения и сцепления происходит относительное движение частиц, что приводит к уплотнению.

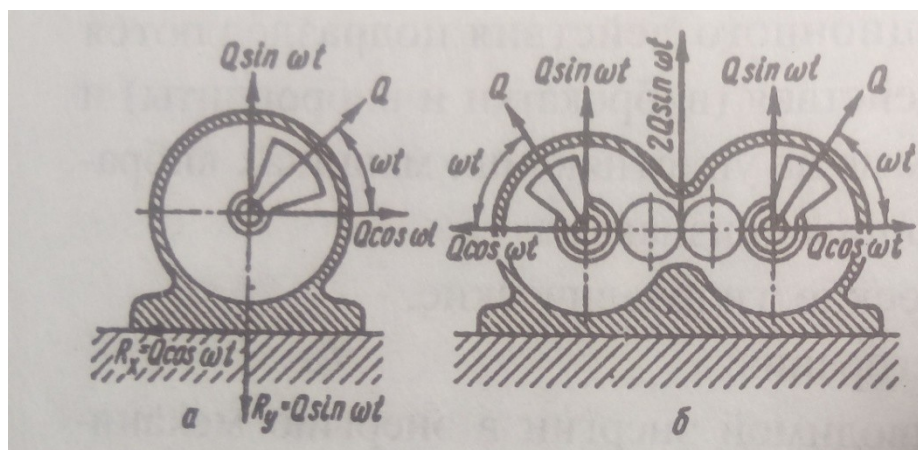
Уплотняющие машины вибрационного действия делятся на уплотнители поверхностного действия (виброкатки и виброплиты) и глубинные уплотнители. Монтируемые на уплотняющих машинах вибраторы классифицируются по следующим признакам:

- *по типу привода* - электрические,
  - гидравлические,
  - пневматические,
  - внутреннего сгорания;
- *по типу преобразования подводимой энергии в энергию механических колебаний рабочего органа* - центробежные,
  - кинематические,
  - электромагнитные;
- *по форме колебаний рабочего органа* - с круговыми,
  - направленными,
  - эллиптическими,
  - комбинированными;
- *по наличию ударов* - вибрационные (безударные)
  - виброударные;
- *по диапазону частот* - высокочастотные,
  - среднечастотные,
  - низкочастотные;
- *по количеству вибраторов* - с одним,
  - двумя и т. д.

Наибольшее распространение получили центробежные вибраторы, которые, подразделяют на дебалансные и планетарные.

Простейший дебалансный вибратор состоит из дебаланса, вал которого вращается в подшипниках, установленных в корпусе. Центробежная сила воспринимается корпусом через подшипники. Крутящий момент сообщается двигателем, находящемся на корпусе вибратора или встроенным в него. В таком вибраторе создаваемая вынуждающая сила в

течение одного оборота вала сохраняет свою величину и непрерывно меняет направление, создавая круговое колебание уплотняющего органа.



а - вибратор с круговыми колебаниями, б - вибратор с направленными колебаниями  
Рисунок - Схемы дебалансовых вибраторов

Дебалансовый вибратор с круговыми колебаниями конструктивно выполняется в виде неуравновешенной массы (дебаланс) 2, закрепленной на валу 1 электродвигателя или на отдельном валу, получающем вращение от двигателя через ременную или зубчатую передачу.

У дебалансных вибраторов с направленными колебаниями, дебалансы одинаковой конструкции и массы закреплены на двух параллельно расположенных валах, соединенных между собой зубчатой парой, и вращающихся один навстречу другому с одинаковой частотой. Изменяя число, расположение, направление вращения и статический момент массы дебалансов, можно генерировать вынуждающую силу до 40 кН, при этом частота колебаний может достигать 48 Гц.

Вибрационные катки (самоходные и прицепные) предназначены для послойного уплотнения несвязных, мало связных и гравийно — щебёночных грунтов на глубину 0,6... 1,2 м. Выполняют их с гладкими, кулачковыми и решетчатыми вибровальцами. Кулачковые и решетчатые вибровальцы можно применять для уплотнения связных грунтов. Самоходные гладковальцовые виброкатки используют также для уплотнения асфальтобетонных покрытий.

Классификация виброкатков:

- по массе - легкие (до 2т),
  - средние (2... 6т),
  - тяжелые (более 6т).
- по количеству и взаимному расположению валцов - одновальцовые с ручным управлением,
  - двухвальцовые двухосные,
  - трехвальцовые трехосные;
- по количеству ведущих валцов - с одним валцом,
  - двумя валцами;
- по типу трансмиссии - механические,
  - гидромеханические,
  - гидрообъемные.

Рабочим органом виброкатка является металлический валец сварной конструкции, внутри которого вмонтирован виброгенератор, обычно дебалансного типа, создающий круговые колебания. Привод виброгенератора у прицепных катков осуществляется от автономного ДВС, установленного на его раме, а у самоходного от основного двигателя. Соединение вибровальца с рамой катка осуществляется посредством резинометаллических амортизаторов.

В последние годы в нашей стране и за рубежом получили большое распространение самоходные вибрационные катки на базе одноосных тягачей. Рабочий орган машины — вибровалец 1 установлен с помощью резинометаллических амортизаторов в передней полураме 2. Передняя полурама соединена с задней полурамой 4 посредством шарнирного сочленения 3, которое обеспечивает повороты полурам относительно вертикальной оси на  $35^\circ$  и в горизонтальной плоскости на  $7^\circ$  в каждую сторону. На задней полураме смонтированы дизельный двигатель 5, раздаточный редуктор, элементы гидрооборудования, кабина с системами управления, задний мост с пневмоколёсами.

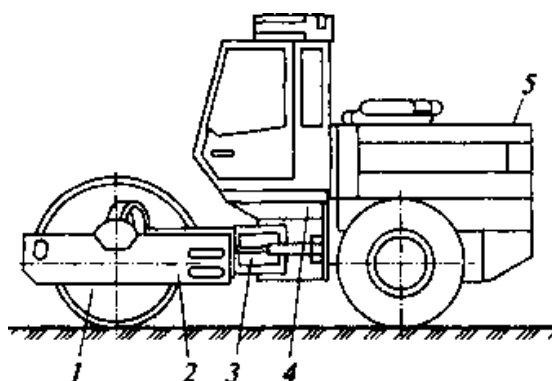


Рисунок - Схема катка на одноосном тягаче

Вибрационные катки имеют преимущественно одну фиксированную частоту вращения вала виброгенератора и одно значение вынуждающей силы применительно к одному виду уплотняемого материала. Для расширения области использования на различных материалах виброкатки оснащают вибровозбудителями с двумя фиксированными частотами и двумя значениями вынуждающей силы. Это достигается с помощью раздвижных дебалансов и реверсирования гидромотора вибровозбудителя.

Для обеспечения необходимой проходимости катка при уплотнении сильно просадочных грунтов, когда передвижение машины затруднено, приводным выполняют и вибровалец. Момент от гидромотора, расположенного на передней полураме, передается через открытую механическую передачу и резинометаллические амортизаторы на вибровалец.

Приведение в движение вибровозбудителя осуществляется гидромотором. Его гидрораспределитель обеспечивает вращение гидромотора в правую и левую стороны для получения двух вынуждающих сил.

Наибольшая эффективность уплотнения виброкатками достигается при частотах колебаний 25...50 Гц (1500...3000 кол/мин). Увеличение амплитуды сопровождается увеличением эффективности уплотнения и глубины проработки по всему диапазону частот. Эта закономерность справедлива для всех видов материалов, особенно для очень крупнозернистых материалов. Вибрационные катки, предназначенные для уплотнения больших объемов грунта и каменной наброски слоями большой толщины, эффективно работают в амплитудном диапазоне 1,5...2,0 мм. Однако, сочетание большой амплитуды и высокой частоты может привести к чрезмерному завышению контактных напряжений

под вальцом и к снижению эффекта уплотнения.

Катки, работающие в данных режимах, обеспечивают хорошие результаты так же при уплотнении зернистых материалов и оснований из укрепленных материалов. Работа при резонансе может приводить к повышенному уровню вибрации во всей машине, что отрицательно сказывается на надежности катка.

Падение эффективности уплотнения при высоких частотах может происходить из-за слишком высокой интенсивности вибрирования. При этом валец отрывается от уплотняемой поверхности грунта. Усиленные удары, следующие с неравными интервалами («козление»), сопровождаются переуплотнением и уменьшением плотности материала. Такой режим может также вызвать колебания рамы катка и серьезный износ резиновых амортизаторов, установленных между вальцом и рамой.

*Уплотняющие машины ударного действия* (трамбовки) предназначены для послойного уплотнения тяжелых связных и несвязных грунтов толщиной до 1,5 м. а также грунтов в естественном залегании.

Трамбующие машины по принципу действия подразделяют на машины, у которых уплотняющие плиты падают с определённой высоты свободно, и машины, у которых уплотняющие плиты опускаются принудительно (пневматические, гидравлические и электрические трамбовки). Последние применяются для уплотнения грунтов в стеснённых условиях строительства.

Свободно падающие рабочие плиты изготавливаются чугунными или железобетонными и имеют массу 0,8... 1,5 т. Они навешиваются с помощью специального устройства на трактор, на стрелу экскаватора или крана и сбрасываются с высоты до 2 метров. После удара уплотняющая плита поднимается в исходное положение в зависимости от конструкции базовой машины с помощью канатного или иного механизма.