

УДК 625.7/8

Виброуплотнение сыпучих материалов в дорожном строительстве

Губа В.В., Губа К.Р., Автомобильно-дорожный институт ГБУЗ «ДонНТУ»,

Введение. Одной из наиболее основных проблем дорожного строительства, является уплотнение сыпучих материалов, которые широко применяются при строительстве автомобильных дорог.

Процесс уплотнения сыпучих материалов, заключается в разрушении структуры с целью удаления воздуха для обеспечения плотной укладки зерен. Это можно выполнить методом статического или динамического воздействия на уплотняемый сыпучий материал. Гранулометрический состав и физико-механические свойства уплотняемых материалов очень разнообразны и неодинаковы, поэтому и требования к их уплотнению также разнообразны [1, 2].

Виброуплотнение заключается в том, что колеблющаяся с большой частотой масса сообщает кинетическую энергию частицам материала, расположенным в зоне вибровозбудителя, и приводит их в колебательное состояние. Разные по крупности и массе частицы получают различные ускорения, взаимно перемещаются, и поры между крупными частицами заполняются более мелкими, благодаря чему материал уплотняется.

Вибрационный метод особенно эффективен для уплотнения малосвязных материалов. Взаимодействие между частицами в этом случае определяется только силами трения. При вибрировании частицы разделяются, и силы сопротивления материала уплотнению резко уменьшаются. Если между частицами действует значительная сила сцепления, то при вибрировании они не разъединяются и основное преимущество метода не реализуется.

Эффективность уплотнения вибрированием зависит от амплитуды колебаний, их частоты, ускорения и массы вибровозбудителя. С увеличением амплитуды и массы вибровозбудителя уплотняющее действие вибрирования возрастает. Влияние частоты проявляется более сложно, поскольку при изменении ее в широком диапазоне наблюдается максимум уплотнения. Увеличение ускорения в общем случае приводит к повышению уплотняющего воздействия. Перечисленные методы уплотнения применяют как отдельно, так и в сочетании один с другим.

Комбинированные методы уплотнения сочетают в себе укатку с вибрированием или трамбований с вибрированием. Реже используют эффект одновременной укатки с трамбованием (каток с падающим грузом). Для уплотнения комбинированным методом применяют вибрационные дорожные катки и вибротрамбующие машины [2 - 4].

Постановка задачи. Воздействие вибрации приводит к изменению поведения уплотняемого материала вызванному проявлением реологических эффектов, уменьшающих силы трения и сцепления между частицами материала. Вибрационный метод уплотнения является достаточно эффективным и сравнительно легко осуществимым. Под действием вибрации в сыпучих телах происходят изменения, зависящие от интенсивности колебаний.

Методы решения. При увеличении интенсивности вибрации, сыпучее тело приобретает чувствительную подвижность. В этом состоянии сцепление между частицами ослабевает, происходит сближение друг с другом, сыпучее тело постепенно уплотняется. Наибольшее уплотнение достигается при интенсивности вынужденных колебаний близких к ускорениям свободного падения.

При дальнейшем увеличении интенсивности колебаний частицы сыпучих тел теряют контакт с вибрирующим рабочим органом катка. Сыпучее тело переходит в состояние кипения - это состояние называется виброкипением. Виброкипение характеризуется разрыхлением сыпучего тела и усиленной циркуляцией составляющих его частиц. В этой стадии выделяют два состояния - сегрегации частиц и интенсивного перемешивания. Переход от подвижности к виброкипению происходит при сообщении сыпучего тела ускоренных колебаний определенного уровня. Критические ускорения и энергозатраты зависят от свойств сыпучих тел, толщины уплотняемого слоя, сил сцепления между частицами и других факторов.

Диссипация энергии в сыпучих телах является весьма сложным явлением, возникающим вследствие трения сухих или смоченных поверхностей частиц друг о друга, сопротивления движению твердых частиц в жидкой или газовой фазе, прохождения жидкой или газовой фазы через поры твердой фазы, необратимых деформаций недостаточно упругих фаз, наличие различных сил сцепления.

Протекание теплообменных процессов в период виброуплотнения сыпучих тел, в поле вибрационных воздействий, при переходе от грубодисперсных систем к высококонцентрированным системам зависит от поверхностных явлений на межфазной границе и сил сцепления между частицами.

Под воздействием вибрации в частицах твердой фазы распространяются волны деформации. Слои входящие в контакт с вибрирующим телом, получают от него силовые импульсы, передающие усилия нижележащим слоям. Так как в процессе уплотнения возникают силы трения и вследствие инерционности и необратимости деформации, силовые импульсы, передающиеся в нижележащие слои постепенно ослабевают.

При виброуплотнении слоев земляного полотна и дорожной одежды наблюдается сдвиг по фазе. Сдвиг фаз в уплотняемых слоях из сыпучих тел может быть весьма значительным. При этом определяются энергозатраты и запаздывания моментов отрыва сыпучего тела от вибрирующей поверхности катка [2, 3].

При уплотнении вибрацией микрогетерогенных сыпучих тел, вследствие наличия значительных сил сцепления между частицами, приходилось усиливать режимы колебаний вибрирующих органов катков. Время уплотнения для различных сыпучих материалов во многом зависит от времени контакта вальца с поверхностью слоя грунта. Средние значения для супесей и песков практически совпадают и составляют 40-45 секунд, т.е. при движении катка со скоростью 2,5-3,0 км/ч нужно сделать 5-6 проходов по одному следу.

При увеличении ускорений колебаний песков и супесей с 50 до 1000 колебаний в минуту коэффициент уплотнения увеличивается. Наиболее рациональная величина ускорений составляет 4,5-8,0 м/с².

Ускорение уплотнения до 10 м/с² приводит к расслоению уплотняющих слоев и разрушению структуры верхних прослоек, а это нежелательно. Увеличение степени уплотнения в прямой пропорциональности зависит от частоты колебаний виброустановки на трамбующих вальцах катков и соответственно времени на данную операцию. Прицепным катком со скоростью 2,0-2,2 км/ч и частотой колебаний до 250 в минуту, делают 12-16 проходов катка по одному следу в течение 25-35 минут. Для осенне-зимнего периода задержка в уплотнении крайне неблагоприятна, поэтому режим уплотнения должен измениться. Для этого число колебаний увеличивают до 650 колебаний в минуту, что сократит время уплотнения до 20-22 минут и потребуется 12-13 проходов по одному следу. Коэффициент уплотнения будет соответствовать - 0,98.

При низких температурах воздуха до -10°C - -12°C и числе колебаний до 1000-

1100 в минуту, время виброуплотнения должно быть минимальным до 15 минут, а коэффициент уплотнения при этом будет максимальным 0,99 – 1,0. Данная величина коэффициента уплотнения наглядно показывает преимущества виброуплотнения. При таком коэффициенте можно сократить толщину щебеночного слоя основания, не снизив при этом прочность всей конструкции.

Для обеспечения возможности оптимального уплотнения слоев различной толщины, виброкатки-танделы дополнительно оборудуют устройствами, обеспечивающими две амплитуды и две частоты вибрации. Тонкие слои или удобоукладываемую смесь уплотняют с меньшей амплитудой и высокой частотой вибрации, при уплотнении слоев большой толщины лучше использовать комбинацию большей амплитуды с низкой частотой. Необходимую степень уплотнения достигают обычно за 4-8 проходов. Скорость движения катка составляет от 3 км/ч до 6 км/ч при уплотнении тонких слоев и от 2 км/ч до 4 км/ч при уплотнении слоев большей толщины. Виброуплотнение охлажденного или уже остывшего материала слоя также влечет за собой повреждение покрытия дорожной одежды: разрыхление, нарушение структуры, разрушение зерен материалов. Эти катки используют для окончательного уплотнения оснований и верхних слоев дорожного покрытия.

Комбинированные катки массой 2-18 т оборудованы гладким вальцом и четырьмя гладкими пневматическими шинами. Уплотнение выполняют, в основном, за счет вибрирующего вальца. При использовании комбинированных катков можно достигать такой же производительности, как и на виброкатках-танделах.

Вывод. Технология уплотнения заключается в следующем:

1. Как можно раньше начинать уплотнение.
2. Приводной валец катка должен быть расположен параллельно уплотняющему брусу финишера, во избежание образования волн и трещин на устроенном с помощью финишера слое.
3. Для предупреждения налипания смеси валец и шины катка смачивают водой (они должны быть влажными, но не сырыми).
4. Каток должен двигаться плавно, не допуская реверса.
5. При остановке или маневрировании катка необходимо отключать вибрацию.
6. Виброуплотнение следует приводить только в процессе движения катка.
7. При значительном поперечном уклоне проезжей части уплотнение всегда проводят снизу вверх.
8. Маневрировать катком следует только на уплотненном участке, чтобы избежать деформаций от давления.
9. Никогда не следует останавливать каток на еще не остывшей асфальтобетонной смеси.
10. Требуется всегда устанавливать каток по косой (касательной) к направлению движения, чтобы потом заравнять вмятины.

Список литературы

1. Бауман В.А. Вибрационные машины и процессы в строительстве / В.А. Бауман, И.И. Быховский. М.: Высшая школа. – 1977. – 255 с.
2. Дилантберг Ф.М. Вибрация в технике / Ф.М. Дилантберг, К.С. Колесников. М.: Машиностроение, 1980. - 545 с.
3. Гание Р.В. Динамика частиц при воздействии вибрации / Р.В. Гание, Л.Е. Украинский. Киев: Наука Думка, 1975. – 168 с.
4. Кобринский А.Е. Виброударные системы / А.Е. Коробинский, А.А. Кобринский. М.: Наука, 1973. – 591 с.