

Анализ режимов уплотнения и разработка рекомендаций по их совершенствованию

А.Х.-М. Аннабердиев

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Проведен анализ режимов уплотнения различных слоев конструктивных слоев дорожной одежды. Разработаны рекомендации по совершенствованию режимов уплотнения вибрационными катками

Ключевые слова: уплотнение, вибрация.

В дорожном строительстве особое место занимает уплотнение дорожно-строительных материалов, так как от качества уплотнения зависит долговечность и другие эксплуатационные показатели автомобильных дорог.

Один из наиболее эффективных и дешевых способов уплотнения земляного полотна и материалов дорожных одежд – это их укатка. К наиболее распространённым уплотняющим машинам, реализующим этот способ, относятся самоходные дорожные катки [1-3].

Конструкции самоходных дорожных катков постоянно совершенствуются. Согласно действующим ГОСТ, дорожные катки классифицируются по виду рабочего органа, принципу действия, способу передвижения, числу осей и количеству вальцов [4,5].

По принципу действия дорожные катки делятся на статические и вибрационные. Для создания вибрации в валец встраивают дебалансный вибровозбудитель колебаний, приводимый в действие от трансмиссии катка. При выключенном вибровозбудителе катки могут работать как статические.

В настоящее время предпочтение отдается виброкаткам, так как при меньшей массе катка, сохраняется тот же эффект уплотнения, повышается производительность, кроме того данный каток прост в эксплуатации и обслуживании. Основными характеристиками вибрационного катка являются: статический вес, линейная нагрузка, частота, момент эксцентрика, центробежная сила, номинальная амплитуда, ускорение вальца.

Влияние частоты и амплитуды колебаний на эффективность уплотнения стало предметом дискуссий с момента появления вибрационных катков. Как правило, эффективность уплотнения достигает своего максимума при частоте колебаний 25-50 гц.

Увеличение амплитуды сопровождается резко выраженным увеличением эффективности уплотнения и глубины проработки по всему диапазону частот. Вибрационные катки, предназначенные для уплотнения больших объемов грунта и каменной наброски слоями большой толщины, должны работать в амплитудном диапазоне 1.5-2.0 мм частотах 25-30 гц. Для уплотнения асфальтобетона оптимальный диапазон амплитуд составляет 0.4-0.8 мм, частота 33-50 гц. Околорезонансной частоты амплитуда катка увеличивается.

Эффективность уплотнения определяется возмущающей силой (сила, рождаемая вибрацией), передавленной вальцом на поверхности грунта (или слоев дорожной одежды). Известно, что влияние фактора изменения частоты является ограниченным. При интенсивности колебаний, превышающих некий предел, валец в процессе вибрационного воздействия отрывается от уплотняющей поверхности.

Изменение амплитуды дает возможность варьировать интенсивность колебаний. Как сказано выше, между центробежной силой и передаваемой на уплотняемую поверхность возмущающей силой простой зависимости нет. Центробежная сила возрастает с квадратом частоты, тогда как фактическая возмущающая сила зависит в основном от амплитуды колебаний. Однако при равных значениях статического веса и частоты центробежной силы можно использовать для прямого сравнения катков двух разных людей, так как в этом случае она указывает на относительную разность амплитуд.

В дорожной практике в основном применяются самоходные вибрационные катки массой 7,10,15 тонн (частота вибрации 25-50 гц,

уплотняющие усилие до и свыше 20 т.с.) в том числе комбинированные (вибровалец – пневмоколеса). В конструкциях современных катков (виброкатков), как отечественных, так и зарубежных, предусмотрены изменения частоты и величины возмущающей силы вибровозбудителя, что отвечает технологическим требованиям процесса уплотнения.

Значительный эффект наблюдается при использовании катков с приводом на обоих колесах и вальцах (например СА25D). В этом случае приводной валец виброкатка обеспечивает высокое статическое уплотнение, чем валец без привода, имеющий такое же линейное давление, частоту и амплитуду колебаний. Ведущий валец вибрационного катка характеризуется меньшей тенденцией к сдвигу поверхностного слоя, чем ведомый. Как показали зарубежные исследования гистерезиса в элементах машины (обычно конструкционный гистерезис в инженерных расчетах не участвует), инерционные силы пропорциональны ускорениям.

Отмечается, что виброкатки могут работать без отрыва вальца от уплотняемой поверхности или в виброударном режиме. Режим работы виброкатка зависит от величины возмущающей силы.

Установлено, что переход к ударному режиму происходит при P (возмущающее усилие) $>2G$ (вес катка); хотя замечено, что отрыв происходит уже при $P > 0.7 G$. Переход на ударные колебания сопровождается уменьшением числа ударов в единицу времени. В итоге имеется сложная зависимость (получаемая в результате уплотнения) плотности от относительной величины возмущающей силы. При переходе на виброударный режим эффективность уплотнения снижается, а затем возрастает с ростом отношений P/G

При колебаниях вибровальца без отрыва от уплотняемой поверхности различают дорезонансный и послерезонансный режимы. За резонансные

машины характеризуются высокой стабильности работы в условиях высоких переменных нагрузок [6,7,8,9].

Установлено, что при работе вибромашины в далеком от резонанса дорезонансном режиме рабочая масса и дебаланс вибратора перемещаются в системе координатных осей по концентрическим окружностям. Рабочая масса (вибровальц) движется по окружности с меньшим радиусом, а дебаланс - по окружности с большим радиусом. Вторая важная особенность работы вибромашины заключается в том, что фактический радиус – вектор вращения дебаланса больше его эксцентрической на величину амплитуды колебаний вибровальца.

Эффективность уплотнения вибрационным катком определяется режимом его работы и параметрами: статический вес, количество вибрационных вальцов, частота и амплитуда колебаний, скорость движения катка, отношения между весом рамы и вальца, диаметр вальца.

Тяжелая рама является благоприятным фактором, поскольку они прижимают валец к грунту. Однако, масса рамы не должна превышать определенный предел, так как в противном случае начинает чрезмерно гасить колебания.

Ускорение вальца вибрационного катка не должно быть ниже определенного предела (4-5g).

При составлении математической модели катка – либо технического объекта и в данном случае виброкатка очень важно определить требуемую степени сложности, которая должна отвечать той информации, которую собираются получить в процессе моделирования.

Отметим, что вопросы теории моделирования работы катков в виброударном режиме отличаются определенной сложностью и представляют собой самостоятельную проблему.

Виброкаток представляет собой механическую систему, в которой происходит диссипация энергии. Уравнения диссипативных систем можно получить с помощью уравнений Лагранжа с прибавлением к кривым частям этих управлений диссипативных систем. После преобразований уравнения Лагранжа можно получить систему дифференциальных уравнений, описывающих работу виброкатка с дебалансным вибропреобразованием. Анализ решений этих дифференциальных уравнений позволит провести оптимизацию работы катка по параметрам и эффективности с учетом физико-механических характеристик уплотняемой поверхности.

Таким образом, в настоящее время постоянно совершенствуется дорожная техника по вибрационному уплотнению. Зависимость качества уплотнения от многих параметров вибрационных катков, а также виды уплотняемого материала определяют многообразие их конструкций.

За рубежом разработаны катки новой конструкции, в которых рабочий орган вибрирует как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях и находится в постоянном контакте с поверхностью уплотняемого слоя.

Известны вибрационные катки с горизонтально направленными колебаниями, у которых вальцы катка совершают возвратно-поступательное движение посредством трех осей и эксцентрики внутри вальца. Центральная ось приводится во вращения гидромотором. Верхние и нижние оси приводятся во вращение ременной передачей от центральной оси. Расположенные на верхних и нижних частях эксцентрики, вращающиеся синхронно вокруг своих осей, передают вальцу переменный крутящий момент. Однако данное решение вызывает критику, поскольку получается недостаточная эффективность виброкатка.

Имеется другое техническое решение для создания горизонтально направленных колебаний (Российская Федерация EDIC 19/28 патент на полезную модель А 520006. Дорожный виброкаток, авторы: Колесников В.В.

и др. Приоритет 25 окт. 2005 год). Данный дорожный виброкаток по этому патенту содержит раму, валец, размещенный в подшипниковой опоре в бортовой передаче и соединенный через бортовую передачу и амортизаторы с рамой, вибровал с дебалансами с приводом для вращения, дополнительно установленные линейные асинхронные эл. двигатели с односторонними индукторами, при этом индукторы жестко крепятся к бортовой передаче вальца симметрично относительно оси вальца, а вторичные элементы линейных асинхронных электродвигателей представляют собой алюминиевую шину в виде кольца, жестко закрепленного на боковой поверхности вальца и соосно с вибровалом так, чтобы между индуктором и вторичным элементом образовался минимальный разор. Привоз линейных асинхронных электродвигателей осуществляется от генератора, который приводится во вращение путем отбора мощности от основного двигателя. Для управления работой катка имеются элементы автоматики.

Однако данный виброкаток можно подвергнуть критике из-за конструкции с позиции трещинообразования на покрытии и эффективности работы виброкатка. Путем создания математической модели работы данного катка можно решить вышеуказанные проблемы путем оптимизации математической модели на компьютере и более детального рассмотрения автоматизации.

Можно рассмотреть также вопросы работы виброкатка. При укатке материала во избежание лишних проходов катка необходимо иметь информацию о моменте окончания уплотнения (даным виброкатком). Для этого имеются соответствующие рекомендации, устанавливающие требуемое количество проходов катка, в зависимости от его вида температур и т.д. Также осуществляется оперативный контроль. Оперативный контроль качественно улучшится, если на катке будет установлен датчик, фиксирующий, что дальнейшие проходы катка не увеличивают плотности



уплотняемого материала [10-12]. Для примера можно установить на виброкатке гамма плотномер ППП-2 отечественной разработки. Показатели датчика можно вывести к водителю катка. Возможны и другие решения, а также возможна установка пирометра для фиксации температуры поверхности (при укатке горячих смесей).

Литература

- 1.Серебренников В.С. Совершенствование конструкции вальца дорожного катка для вибрационного уплотнения грунтов // Современные научные исследования и инновации. 2016. №8. URL: web.snauka.ru/issues/2016/08/70761 (дата обращения: 27.05.2017).
- 2.Костельов М. П. и др. Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов.– Автомобильные дороги, 1991, № 6, с. 13–15
- 3.Ковтун В. В. Изучение процесса деформирования сыпучих материалов при сдвиге в условиях плоской деформации.– Основания, фундаменты и механика грунтов. 1988, № 2, с. 24–26
- 4.Brown S. F., Ansell P The influence of repeated shear reversal on the compaction granular material.– International conference on compaction. Vol. 1, Paris, 1980, pp. 25–27
- 5.Форссблад Ларс. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований. Пер. с англ. под ред. Костельова М. П. Транспорт, 1987, 191 с.
- 6.Касьянов В.Е., Аннабердыев А.Х.-М. Определение статистического распределения действующих напряжений при нестационарном нагружении деталей одноковшовых экскаваторов // Депонирование в ЦНИИТЭСТРОЙМАШ. 1985. №51. с.1-7
- 7.Касьянов В.Е., Роговенко Т.Н., Шулькин Л.П. Основы теории и практики создания надежных машин // Вестник машиностроения. 2003. №10. с. 3

8. Щулькин Л.П. Модернизация технологической линии по производству керамического кирпича. // Инженерный вестник Дона, 2013, № 4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2177.

9. Kas'yanov V.E., Rogovenko T.N. Probabilistic-statistical estimation of the gamma-life of a machine chassis // Russian Engineering Research. 1999. V. 6. p. 10.

10. Genschel U., Meeker W. A Comparison of Maximum Likelihood and Median Rank Regression for Weibull Estimation. Department of Statistika Iowa State University Ames. IA 50011, 2010. 311 p.

11. Касьянов В.Е., Роговенко Т.Н., Зайцева М.М. Метод получения совокупности конечного объема средневзвешенных напряжений в деталях машин // Вестник ДГТУ. 2010. №1 (44). С. 91-94.

12. Кузнецов К.К. Имитационное моделирование взаимосвязи инициаторов высокотехнологичных инноваций // Инженерный вестник Дона, 2009, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250/.

References

1. Serebrennikov V.S. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. 2016. №8 URL: web.snauka.ru/issues/2016/08/70761 (data obrashheniya: 27.05.2017).

2. Kostel'ov M. P. i dr. Avtomobil'nye dorogi, 1991, № 6, pp. 13–15

3. Kovtun V. V. Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov. 1988, № 2, pp. 24–26/

4. Brown S. F., Ansell P The influence of repeated shear reversal on the compaction granular material. International conference on compaction. Vol. 1, Paris, 1980, pp. 25–27 [Brown S. F., Ansell P The influence of repeated shear reversal on the compaction granular material. International conference on compaction. Vol. 1, Paris, 1980, pp. 25–27]



5. Forssblad Lars Vibracionnoe uplotnenie gruntov i osnovanij. Per. s angl. pod red. Kostel'ova M. P. Transport, 1987, 191 p. [Oscillation compression of soils and grounds. Trudged. with an eng under red. Kostelov M.P.]
6. Kas'yanov V.E., Annaberdyev A.H.-M. Deponirovanije v CNIITJeSTROJMASH. 1985. №51. pp.1-7
7. Kas'janov V.E., Rogovenko T.N., Shhul'kin L.P. Vestnik mashinostroeniija. 2003. №10. p. 3
8. S Shhul'kin L.P. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2177/
9. Kas'yanov V.E., Rogovenko T.N. Probabilistic-statistical estimation of the gamma-life of a machine chassis. Russian Engineering Research. 1999. V. 6. p. 10 [Kas'yanov V.E., Rogovenko T.N Russian Engineering Research. 1999. V. 6. p. 10].
10. Genschel U., Meeker W. A Comparison of Maximum Likelihood and Median Rank Regression for Weibull Estimation. Department of Statistika Iowa State University Ames. IA 50011, 2010. 311 p. [Genschel U., Meeker W. A Comparison of Maximum Likelihood and Median Rank Regression for Weibull Estimation. Department of Statistika Iowa State University Ames.]
11. Kas'janov V.E., Rogovenko T.N., Zajceva M.M. Vestnik DGTU. 2010. №1 (44). pp. 91-94.
12. Kuznetsov K.K. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2009, №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250/.