

# МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 625.08(03); 625.08(075.8)

## ПРИЧЕПНИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ КАТОК З ГІДРОПРИВОДОМ ДЛЯ ШЛЯХОВИХ РОБІТ

К. т. н., доц. Муляр Ю. І., к. т. н., доц. Глушич В. О.

Вібраційні катки використовують для ущільнення гравійних, щебених та асфальтобетонних сумішей, а також для ущільнення щебеневого шару під час ремонтних робіт. Такі катки в порівнянні зі статичними мають меншу металоемність і забезпечують більшу глибину ущільнення суміші. Так, наприклад, за ефектом ущільнення катки з віброральцями замінюють катки масою 10...15 т статичної дії з власною масою від 1,5...1,8 до 6...8 т [1]. Джерелом збудження вібраційних коливань є гідропривід, який простіший за кінематику і значно легший за механічний. Крім того, він забезпечує можливість безступеневого регулювання частоти коливань.

Вібраційні самохідні катки [2], які застосовуються для укатки шляхових основ, крім вказаних вище переваг, маневреніші і транспортбельніші. За правильної організації роботи вони забезпечують потрібну щільність і площинність поверхні ущільнюваних матеріалів. Найефективнішим є поєднання пневмоколіс з гладким вібраційним вальцем. На таких катках застосовується об'ємний гідропривід на ведучі колеса і вібробуджувач з використанням насоса змінної подачі, який є досить вартісним.

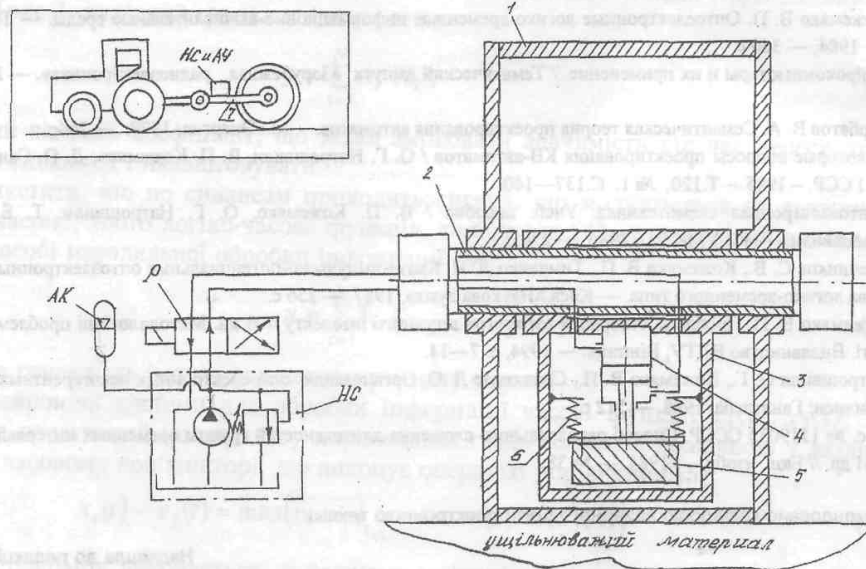


Рис. 1. Принципова схема вібраційного катка з гідроприводом

Авторами даної роботи запропонований спрощений, компактніший варіант і, разом з тим, ефективніший, ніж ті конструкції вібраційних катків, які застосовуються у сьогоденній практиці, а також методика визначення основних конструктивних параметрів і режимів роботи приводу для здійснення ущільнення матеріалів. Цей вібраційний каток представляє собою (рис. 1) гладкий валець — порожнистий барабан 1, всередині якого розташований підпружинений рухомий тягар (тягар 5 і пружина 6). Тягар 5 з'єднаний зі

штоком гідроциліндру 4, який разом з підпружиненою масою в свою чергу з'єднані з підвіскою 3. Остання і барабан 1, встановлені на нерухомому порожньому валу 2 — барабан 1 в опорах ковзання, а підвіска 3 — нерухомо. Крізь вал проходять гідромагістралі, які з'єднують гідроциліндр 4 з гідроприводом. Барабан 1 через раму 7 з'єднується з рухомою машиною, наприклад, трактором. До складу гідроприводу входять насосна станція, що має насос постійної подачі (НС), двопозиційний гідророзподільвач Р з електромагнітним керуванням і гідроаккумулятор АК. Насосна станція і розподільник встановлюються на рамі 7.

Робота гідроприводу за необхідним режимом вібраційного ущільнення матеріалу відбувається таким чином. Робоча рідина від насосної станції НС надходить через розподільник Р у поршнюву порожнину гідроциліндра 4 і до аккумулятора АК. Аккумулятор АК використовується, по-перше, як запобіжний пристрій для насосу (згладжує вібрації, які передаються на цей агрегат з робочого органу) і, по-друге, збільшує подачу рідини у систему. Поршень циліндра рухається разом з масою 5 донизу з відповідною швидкістю і здійснює пружний удар підвіски 3. Цей удар передається через вал 2 на барабан, який в свою чергу передає відповідне зусилля на матеріал шляхового покриття. Після цього відбувається перемикання електромагнітом позиції розподільвача Р і здійснюється рух поршня циліндра 4 разом з масою 5 догори. Далі цикл повторюється. Сукупність таких циклів за умови руху (кочення) вальця по поверхні дороги призводить до ущільнення матеріалу шляхового полотна.

Один з варіантів роботи системи, яка регулює заданий режим ущільнення, може бути здійснений таким чином. В зовнішню поверхню віброральця вмонтовуються давачі зусилля, наприклад, п'єзоелектричного типу. Ці давачі будуть вимірювати поточні значення реакції ущільненого шару матеріалу і з досягненням потрібної ущільненості подають сигнал (наприклад, звуковий або світловий водію транспортного засобу) про необхідність вимкнення роботи гідроприводу (але це може бути здійснено і автоматично). Для прискорення циклу роботи інформація цих давачів може керувати частотою перемикання розподільвача і амплітудою тиску робочої рідини для створення такого вібраційного впливу, яке і забезпечить швидкодію утворення шару матеріалу з потрібним ступенем ущільнення.

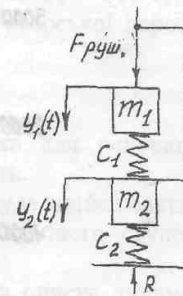


Рис. 2. Розрахункова схема механічної частини вібраційного катка

З метою попереднього розрахунку параметрів конструкції, яка забезпечує ущільнення матеріалу, розроблена її розрахункова схема (див. рис. 2) і математична модель в диференційній формі (без урахування особливостей впливу на неї гідроприводу). В розрахунковій схемі такі позначення:

$m_1$  — маса тягара 5 (див. рис. 1);

$m_2$  — приведена до катка маса підвіски 3 і вала 2;

$C_1$  — пружність, яка ідентифікує пружно взаємодію тягара 5 з катком 1 за посередництвом пружини 6, підвіски 3 і пружних властивостей матеріалів тягара 5, підвіски 3 і катка 1;

$C_2$  — пружність, яка ідентифікує пружні характеристики суміші, або матеріалу, призначених для ущільнення;

$R$  — реакція суміші (або матеріалу) під час її ущільнення;

$F_{руш}$  — рушійна сила, яку створює гідропривід.

Під час складання математичної моделі прийняті такі припущення:

— реакція ущільнюваної суміші (або матеріалу) не залежить від кількості силових впливів з боку катка (або від частоти вібраційних силових впливів);

— сухе тертя між ущільнювальним вальцем та шляховим полотном не впливає на функціонування віброкатка;

— сухе тертя в елементах конструкції, які передають силовий вплив на шляхове полотно, відсутнє;

— сила пружності в елементах конструкції прямо пропорційна деформаціям, які виникають під дією силових впливів.

Таким чином, математична модель має вигляд

$$m_1 d^2 y_1 / dt^2 = F_{руш.} + F_1 - C_1 [y_1(t) - y_2(t)],$$

$$m_2 d^2 y_2 / dt^2 = F_{руш.} + C_1 [y_1(t) - y_2(t)] - C_2 y_2(t) + (F_1 + F_2) - R,$$

де  $m_1 d^2 y_1 / dt^2$ ,  $m_2 d^2 y_2 / dt^2$  — сили інерції, які виникають під час руху відповідних елементів конструкції;  $F_1, F_2$  — сили ваги цих елементів;  $F_1 = m_1 g$ ,  $F_2 = m_2 g$  ( $g$  — гравітаційна стала).

Визначимо резонансні ділянки сталих рухів агрегату у динамічному процесі для заданого діапазону конструктивних параметрів. Для цього розрахуємо частотні характеристики пристрою.

Запишемо математичну модель в операторній формі

$$m_1 S^2 y_1(S) = F_{руш.} + m_1 g - C_1 [y_1(S) - y_2(S)],$$

$$m_2 S^2 y_2(S) = F_{руш.} + C_1 [y_1(S) - y_2(S)] - C_2 y_2(S) + (m_1 g + m_2 g) - R.$$

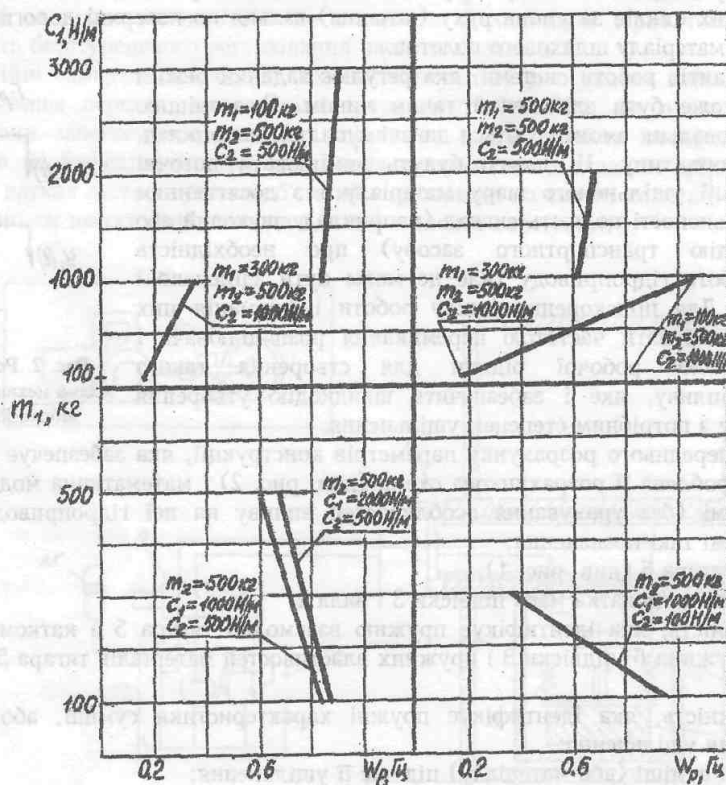


Рис 3. Графіки залежностей резонансної частоти від параметрів конструкції вібраційного катка

Будемо вважати, що робота агрегату здійснюється в режимі вимушених коливань з постійною амплітудою, і тому можна скоротити постійні члени:  $F_1, F_2, R$ . Розв'язавши систему 2-х алгебраїчних рівнянь, отримаємо вираз передавальної функції

$$W(j\omega) = \frac{y_2(S)}{F_{руш.}} = \frac{m_1 S^2 + 2C_1}{m_1 m_2 S^4 - (m_2 C_1 + m_1 C_1 + m_1 C_2) S^2 + C_1 C_2}$$

Тоді частотна передавальна функція матиме такий вигляд:

$$W(j\omega) = \frac{2C_1 - m_1\omega^2}{m_1m_2\omega^4 - (m_2C_1 + m_1C_1 + m_1C_2)\omega^2 + C_1C_2}$$

Цей вираз використовується для побудови амплітудно-частотної характеристики (АЧХ):

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{b_0 - b_1\omega^2}{a_0\omega^4 - a_1\omega^2 + a_2},$$

де  $b_0 = 2C_1$ ,  $b_1 = m_1$ ,  $a_0 = m_1m_2$ ,  $a_1 = m_2C_1 + m_1C_1 + m_1C_2$ ,  $a_2 = C_1C_2$ .

На основі останнього виразу побудовані графіки (рис. 3), що характеризують вплив різних варіантів значень параметрів  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  на резонансну частоту  $\omega_p$  механічної частини.

З цих графіків випливає, що зміна жорсткості  $C_1$  практично не впливає на  $\omega_p$ . Маса  $m_1$  дещо зменшує  $\omega_p$ , але, практично, можна рахувати, що цей вплив мінімальний. Зменшення жорсткості  $C_1$  і збільшення маси  $m_1$  значно впливають (зменшують) на  $\omega_p$ . Тобто, ці попередні результати показують, що найсприйнятливішими для практики є наступні значення параметрів:  $m_1 > 100$  кг,  $m_2 > 500$  кг,  $C_1 > 1000$  Н/м,  $C_2 > 500$  Н/м. Остаточні параметри конструкції будуть уточнюватися під час конструкторської доробки окремих складових елементів агрегату.

### Висновки

1. Розроблена конструктивна схема причепного вібраційного катка для виконання шляхових робіт, пов'язаних з ущільненням матеріалів шляхових покриттів.
2. Розроблена схема гідроприводу агрегату, за допомогою якого буде здійснюватися процес збудження вібраційних коливань катка для забезпечення потрібного ступеню ущільнення матеріалу шляхового покриття.
3. Розроблена математична модель механічної частини агрегату, яка описує динаміку його роботи, і передбачена для попереднього визначення конструктивних параметрів цієї частини.
4. За допомогою амплітудно-частотних характеристик, побудованих для різних сполучень конструктивних параметрів механічної частини агрегату, визначені резонансні частоти, на яких можлива робота агрегату; попередньо визначені конструктивні параметри агрегату.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Дорожные машины. В 2-х частях. Ч. 2. Машины для устройства дорожных покрытий. Учебник для вузов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование» / К. А. Артёмов, Т. В. Алексева, В. Г. Белокрылов и др. — М.: Машиностроение, 1982. — 396 с.
2. Дорожно-строительные машины: Справочник. — М.: Машиностроение. — 392 с.
3. Керного В. В., Бабушкин Ф. М., Чипинский Э. Е. Основы автоматики и теории автоматического регулирования. — Мн.: Вышэйш. шк., 1972. — 408 с.

Рекомендовано кафедрою технології і автоматизації машинобудування

Надійшла до редакції 16.06.98 р.

Рекомендовано до опублікування 28.06.98 р.

**Муляр Юрій Іванович** — доцент кафедри технології і автоматизації машинобудування ВДТУ. **Глушич Віктор Омелянович** — доцент кафедри технології і автоматизації машинобудування ВДТУ.