

УДК 621.926

РАСЧЕТ ЗАГЛАЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДИСКОВЫХ МАШИН

*Канд. техн. наук, доц. ВАЙТЕХОВИЧ П. Е.,
докт. техн. наук, проф. ВАВИЛОВ А. В., асп. СИДОРОВ Н. Н.*

*Белорусский государственный технологический университет,
Белорусский национальный технический университет*

В условиях непрерывного развития индустрии строительных материалов, жилищного, промышленного и дорожного строительства существует необходимость в совершенствовании технологии производства и оборудования. Основными направлениями модернизации технологических машин являются увеличение производительности, снижение энергозатрат на выпуск единицы продукции, уменьшение металлоемкости, упрощение конструкции и т. д. Однако выполнение всего комплекса направлений или его части не всегда возможно или весьма затруднительно в силу возникновения противоречий. Так, повышение мощности и производительности может привести к усложнению конструкции. Правильное решение задачи, таким образом, сильно зависит от выбора приоритетных направлений ее решения. Кроме того, конечный результат определяется выбранным методом решения задачи.

Все сказанное выше в полной мере относится и к дисковым заглаживающим машинам, от эффективности работы которых зависит качество бетонных поверхностей. При разработке дисковой заглаживающей машины с планетарным рабочим органом возникла необходимость в выборе критерия сравнения различных рабочих органов и условий их сравнения. Известна гипотеза [1], согласно которой эффективность воздействия рабочего органа на обрабатываемую поверхность в основном определяется длиной линии, на протяжении которой рабочий орган воздействует на каждую элементарную площадку обрабатываемой поверхности. В общем случае эффективность воздействия рабо-

чего органа (заглаживающая способность) является интегральной величиной, так как длина линии воздействия разных точек рабочих органов неодинакова. Из-за сложности движений рабочих органов вывод зависимости для заглаживающей способности аналитически весьма сложен. Исследователями были получены эмпирические выражения для расчета заглаживающей способности различных рабочих органов [1–4], в том числе и дискового

$$S_d = kR \frac{\vartheta_d}{\vartheta_m}, \quad (1)$$

где k – эмпирический коэффициент; R – радиус диска, м; ϑ_d – линейная скорость диска, м/с; ϑ_m – скорость перемещения машины, м/с.

На наш взгляд, при определении эффективности заглаживания и особенно для сравнения различных рабочих органов можно отказаться от эмпирики, а проводить это сравнение именно по длине линии воздействия. При статическом положении заглаживающей машины и обычном вращении диска эти линии будут представлять собой окружности, а при планетарном движении дисков в зависимости от способа обкатки – гипоциклоиду или эпициклоиду. Для обычного вращения форма линии воздействия легко определяется даже при перемещении заглаживающей машины.

Представить форму линии воздействия при перемещении машины и планетарном движении дисков довольно трудно. Но очевидно, что при фиксированной скорости перемещения машины для сравнения эффективности рабочих

органов с разным характером движения достаточно сопоставить длины линий воздействия при ее статическом положении. Тогда для диска с обычным вращением за один оборот вала заглаживающая способность составит $S = 2\pi R$. Длина линии воздействия при планетарном вращении с внешней обкаткой (длина эпициклоиды) определяется по более сложной зависимости [5]

$$S_3 = \frac{R+r}{r} \int_0^{2\pi} \sqrt{r^2 + r_1^2 - 2rr_1 \cos \frac{R\varphi}{2r}} d\varphi, \quad (2)$$

где R – радиус неподвижного колеса, м; r – радиус приводного колеса, м; r_1 – радиус заглаживающего диска, м; φ – угол поворота вала, рад.

Форма, а соответственно и длина эпициклоиды зависят от ряда параметров: размеров диска, приводного колеса, радиуса обкатки и их соотношений. Для учета этих параметров по аналогии с [6, 7] используем геометрические критерии:

$$k = \frac{r}{R}; \quad (3)$$

$$b = \frac{r_1}{r}. \quad (4)$$

В машинах с планетарным движением также может использоваться несколько дисков z . Выражение (2) с учетом этого преобразуется к виду

$$S_3 = R(1+k)z \int_0^{2\pi} \sqrt{1^2 + b^2 - 2b \cos \frac{\varphi}{2k}} d\varphi. \quad (5)$$

Зависимость для расчета длины линии воздействия на поверхность при внутренней обкатке (длины гипоциклоиды) получили таким же образом из уравнения (5), заменив в нем переменные r, r_1 на $-r, -r_1$ [3]:

$$S_4 = R(1-k)z \int_0^{2\pi} \sqrt{1^2 + b^2 - 2b \cos \frac{\varphi}{2k}} d\varphi. \quad (6)$$

Выражения (5) и (6) не приводятся к элементарным функциям [5], поэтому длины кривых мы рассчитали в пакете MathCAD. В задачу расчета входило получение зависимости заглаживающей способности (длины линии) от

геометрических критериев, т. е. $S = f(k)$ и $S = f(b)$.

Перед началом расчетов определены границы изменения коэффициентов k и b . Для наружной обкатки при двух рабочих дисках параметр k растет неограниченно. Для другого количества дисков максимальное значение коэффициента k определим из геометрического соотношения

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{r^{\max}}{R + r^{\max}}, \quad (7)$$

где α – угол правильного многоугольника, образованного прямыми, соединяющими центры приводных соприкасающихся колес ($z > 2$).

Величина этого угла определяется по зависимости

$$\alpha = \frac{180(z-2)}{z}, \quad (8)$$

где z – количество сторон многоугольника (приводных колес).

Из выражений (7), (8) с учетом (3) получили зависимость для максимального значения геометрического критерия k^{\max} планетарных рабочих органов с внешней обкаткой

$$k^{\max} = \frac{\cos 180(z-2)}{z \left[1 - \cos \frac{180(z-2)}{z} \right]}. \quad (9)$$

По этой зависимости можно определить максимальное значение параметра k^{\max} при любом количестве дисков. Для трех дисков, например, $k^{\max} = 6,46$; для четырех – $k^{\max} = 2,41$. Коэффициент b может принимать практически любые значения, только при максимальном значении $k = k^{\max}$ он не может быть больше единицы.

При помощи таких же рассуждений получено уравнение для максимального значения критерия k^{\max} при внутренней обкатке ($z > 2$)

$$k^{\max} = \frac{\cos 180(z-2)}{z \left[1 + \cos \frac{180(z-2)}{z} \right]}. \quad (10)$$

При внутренней обкатке для двух дисков $k^{\max} = 0,5$; для трех – $k^{\max} = 0,46$; для четырех –

$k^{\max} = 0,41$. Параметр $b^{\max} = 1$ при $k = k^{\max}$ для любого количества дисков.

Исходя из границ изменения геометрических параметров при наружной и внутренней обкатках в расчетах значения критериев варьировались в пределах: $k = 0-0,5$; $b = 0-1$. За определяющий размер принят радиус неподвижного колеса $R = 300$ мм. Количество заглаживающих дисков принималось $z = 2$.

Результаты расчетов представлены в виде графических зависимостей: $S = f(k)$ и $S = f(b)$ (рис. 1-3). Из рис. 1 видно, что зависимость $S = f(k)$ при наружной обкатке представляет собой периодическую функцию с возрастающими амплитудой и периодом.

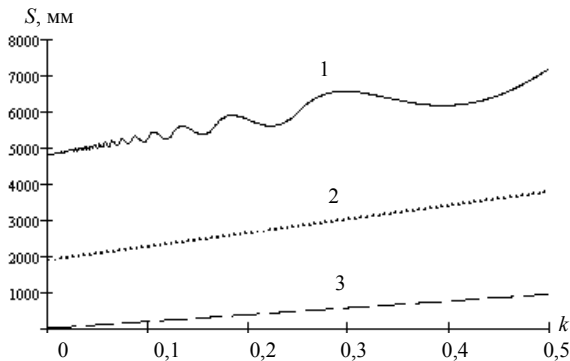


Рис. 1. Зависимость заглаживающей способности от критерия k : 1 – планетарный рабочий орган с внешней обкаткой; 2 – обычный диск с диаметром, равным фронту заглаживания планетарного; 3 – то же, равным диаметру планетарного диска

Условная ось этой периодической функции имеет положительный наклон к оси абсцисс. На начальном участке зависимость $S = f(k)$ с заданной степенью точности можно привести к линейному виду. Здесь же для сравнения представлены еще два графика, один из которых соответствует длине линии воздействия простого вращающегося диска с диаметром, равным фронту заглаживания планетарного рабочего органа, второй – с диаметром, равным диаметру планетарного рабочего диска. Во всех случаях в заданном диапазоне изменения параметра k заглаживающая способность планетарных дисков превышает заглаживающую способность простого вращающегося диска.

На рис. 2 представлена графическая зависимость $S = f(k)$ для аналогичных условий движения при внутренней обкатке. Здесь с ростом параметра k максимальная длина линии воздей-

ствия уменьшается. Однако в пределах изменения коэффициента $k = 0-k^{\max}$ заглаживающая способность планетарного диска всегда выше заглаживающей способности обычного.

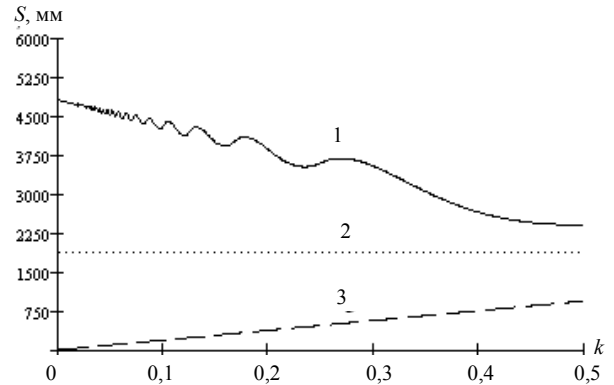


Рис. 2. Зависимость заглаживающей способности от критерия k : 1 – планетарный рабочий орган с внутренней обкаткой; 2, 3 – обозначения на рис. 1

На рис. 3 показаны графики функций $S = f(b)$ при внешней и внутренней обкатках, которые в обоих случаях имеют вид непрерывно возрастающей функции с минимальным значением, отличным от нуля. Заглаживающая способность рабочего органа с внешней обкаткой более чем в два раза превышает заглаживающую способность рабочего органа с внутренней обкаткой при одинаковом размере рабочего диска.

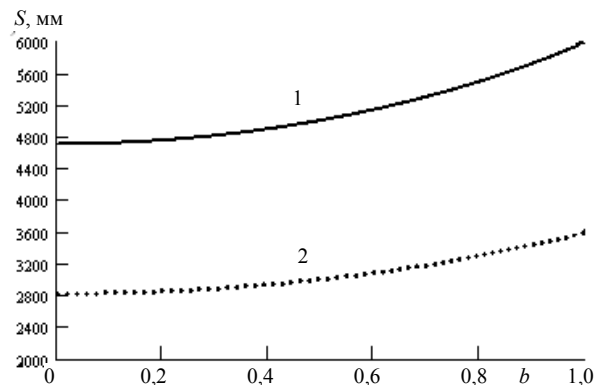


Рис. 3. Зависимость заглаживающей способности от критерия b : 1 – планетарный рабочий орган с внешней обкаткой; 2 – то же с внутренней обкаткой

ВЫВОД

Опираясь на результаты проделанных расчетов, можно утверждать, что переход от простого вращательного движения к планетарному является перспективным направлением в раз-

витии заглаживающих машин. Для обоих случаев планетарного движения длина линии воздействия на поверхность оказалась выше, чем у вращающегося диска соответствующего размера и соответствующего фронта заглаживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Болотный, А. В.** Теория и процессы заглаживания бетонных поверхностей: автореф. ... дис. докт. техн. наук / А. В. Болотный; Ленингр. инж.-строит. ин-т. – Л., 1975. – 49 с.
2. **Болотный, А. В.** Заглаживание бетонных поверхностей / А. В. Болотный. – Л.: Стройиздат, 1979. – 128 с.
3. **Райчик, Я.** Оптимизация параметров заглаживающих машин для обработки поверхностей отформованных их пластичных бетонных смесей в условиях производства в ПНР: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Я. Райчик; Ленингр. инж.-строит. ин-т. – Л., 1989. – 19 с.

4. **Подопригора, А. Г.** Определение оптимальных параметров и режимов работы машин для заглаживания изделий, отформованных из легких бетонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Г. Подопригора; Ленингр. инж.-строит. ин-т. – Л., 1989. – 25 с.

5. **Выгодский, М. Я.** Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. – М.: Джангар, 2000. – 872 с.

6. **Вайтехович, П. Е.** Влияние геометрических параметров привода на динамику планетарных мельниц с внутренней обкаткой / П. Е. Вайтехович, Д. В. Семенов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. – № 7. – С. 6–8.

7. **Вайтехович, П. Е.** Определение критической скорости вращения планетарной мельницы / П. Е. Вайтехович, А. В. Вавилов, Г. М. Хвесько // Вестник БНТУ. – 2002. – № 2. – С. 34–39.

Поступила 25.01.2006

УДК 624.27.012.45.059: 625.745.12

РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВ МЕТОДОМ ПОПЕРЕЧНОГО ОБЖАТИЯ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

Инж. ПАВУКОВ Ю. И., канд. техн. наук **ЗОЛОТОВ П. В.**

Институт дорожных исследований

Задача реконструкции и упрочнения построенных 30–40 лет назад мостов в настоящее время приобретает важное значение в связи со сложившейся экономической обстановкой и резким снижением финансирования капитального строительства. Большинство мостов того времени были секционными, запроектированными свайными по выпуску 70 Союздорпроекта с пролетными строениями длиной 11,4 и 14,1 м, по выпускам 56 и 10-11 Союздорпроекта и выпуску 7 Белгипродора, без опорных частей, а их балки соединены сварными стыками по закладным деталям в диафрагмах. Почти на всех балках произошло разрушение торцов и разрывы стыков по диафрагмам, поэтому они нуждаются в ремонте. Кроме того, в связи с переходом на новые строительные нормы и правила эти мосты нуждаются в усилении и уширении.

Как уже отмечалось в [1, 2], пролетные строения с упомянутыми балками при сроке функционирования от 30 до 40 лет в настоящее время не могут нормально эксплуатироваться вследствие возросшей интенсивности и увеличения тяжеловесной составляющей движения, недостаточной ширины проезжей части мостов (габариты Г-7, Г-8) и наличия дефектов, существенно снижающих их проектную грузоподъемность и приводящих мосты в аварийное состояние.

Из дефектов, снижающих грузоподъемность таких сооружений, можно выделить три основные группы:

- повышающие усилия от постоянных нагрузок (излишняя толщина слоев мостового полотна, чаще всего асфальтобетона до 30–40 см);
- снижающие несущую способность отдельных балок (разрушение в отдельных местах