DOI: 10.17117/na.2016.04.03.096

<http://ucom.ru/doc/na.2016.04.03.096.pdf>

Поступила (Received): 02.04.2016

Каледа В.Н., Каледа И.А., Туманова Н.Н. **Кинематика взаимодействия качающегося рабочего** **органа с деформируемой поверхностью бетонной** **смеси в процессе уплотнения**

Kaleda V.N., Kaleda I.A., Tumanova N.N.
Kinematics of interaction of the shaking working body with a
deformable surface of concrete mix in the course of consolidation

В статье рассматриваются кинематика взаимодействия цилиндрической рабочей поверхности уплотняющего рабочего органа с бетонной смесью

Ключевые слова: качающийся цилиндрический рабочий орган, бетонная смесь, уплотнение, скорость, перемещение, проскальзывание

In article are considered kinematics of interaction of a cylindrical working surface of the condensing worker of body with concrete mix

Key words: shaking cylindrical working body, concrete mix, consolidation, speed, movement, slipping

*Каледа Виктор Николаевич
 Кандидат технических наук, профессор
 Пензенский государственный университет
 г. Пенза, ул. Красная, 40*

*Kaleda Victor Nikolaevich
 Candidate of Technical Sciences, Professor
 Penza state university
 Penza, Krasnaya st., 40*

Каледа Ирина Анатольевна
*Кандидат технических наук, доцент
 Пензенский казачий институт технологий
 (филиал) МГУТУ им. К.Г. Разумовского
 г. Пенза, ул. Володарского, 6*

Kaleda Irina Anatolyevna
*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 Penza cossack institute of technologies (branch)
 MGUTU named K.G. Razumovsky
 Penza, Volodarskogo st., 6*

Туманова Наталья Николаевна
*Кандидат технических наук, доцент
 Московский университет им. С.Ю. Витте
 г. Пенза, ул. Вяземского, 25 Б*

Tumanova Natalya Nikolaevna
*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 Moscow university named S.Yu. Witte
 Penza, Vyazemskogo st., 25 B*

При рассмотрении кинематики качающегося цилиндрического рабочего органа (КЦРО) в процессе уплотнения [1], движение которого задаётся уравнением

$$\omega_k = -\omega \cdot r \cdot \cos^2(0,5\gamma)(2 \sin \varphi \cdot \operatorname{tg}^3(0,5\gamma) + \cos \varphi \cdot \operatorname{tg}^4(0,5\gamma) + 2 \sin \varphi \cdot \operatorname{tg}(0,5\gamma) - \cos \varphi) \times (2r \sin \varphi \cdot \operatorname{tg}^3(0,5\gamma) - 3(h + l + r \cos \varphi) \operatorname{tg}^2(0,5\gamma) - (h - l + r \cos \varphi))^{-1}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вращения кривошипа OA (рис. 1);

γ – угол отклонения кулисы BC от вертикали;

h – расстояние от оси приводного вала до оси ползуна C ;

 l – длина кулисы BC ,

– КЦРО – идеально жёсткое тело;

– КЦРО перекачивается по деформируемой поверхности бетонной смеси.

Рис. 1. Схема для определения скоростей и ускорений звеньев кулисного механизма оборудования с КЦРО в процессе уплотнения

Для удобства исследований примем, что ось B сегмента (водила) неподвижна (рис. 2), а уплотняемая поверхность бетонной смеси движется со скоростью V_{Π} в направлении, противоположном действительной поступательной скорости уплотняющего КЦРО ($V_{\Pi} = V_{\text{Р}}$) [3, 4].

Рассмотрим движение какой-либо точки M зоны контакта цилиндрической поверхности КЦРО с поверхностью уплотняемой бетонной смеси. Если точка M относится у цилиндрической поверхности штампа, то она движется в окружном направлении со скоростью V_{2M} (окружная скорость поворота относительно оси ползуна C)

$$V_{2M} = \omega_K \cdot l_M. \quad (2)$$

где l_M – расстояние от оси ползуна C до точки M (рис. 2)

Рис. 2. Кинематика взаимодействия КЦРО с поверхностью бетонной смеси

$$l_M = \sqrt{l_1^2 + CK^2}$$

и в вертикальном направлении со скоростью V_{3M} (скорость движения ползуна C , связанного со штампом, $V_{3M} = V_C$)

$$V_{3M} = -\omega \cdot r \sin \varphi \cdot (y_C^3 + 2hy_C^2 + (h^2 - l^2)y_C + l^2 \cos \varphi) \times \\ \times (2y_C^3 + 3(h - r \cos \varphi)y_C^2 + (h^2 - l^2 + r^2 - 4hr \cos \varphi)y_C + r(h^2 - l^2) \cos \varphi)^{-1} \quad 3)$$

Зная, что

$$l_1 = x_M - x_B = \frac{R \cdot \sin \alpha_1 (y_C - r \cos \varphi) - r \cdot \sin \varphi (h + y_C)}{y_C - r \cdot \cos \varphi} \quad 4)$$

и

$$CK = R(1 - \cos \alpha_1), \quad 5)$$

где R – радиус цилиндрической поверхности КЦРО,

α_1 – угол, определяющий положение точки M на поверхности рабочего органа, α_1 изменяется от $\alpha_{\max}$ до 0 ,

окончательно получаем

$$l_M = \left(R^2 (1 - \cos \alpha_1)^2 (y_C - r \cos \varphi)^2 - (R \cdot \sin \alpha_1 (y_C + r \cdot \cos \varphi) - \right. \\ \left. - r \cdot \sin \varphi \cdot (h + y_C))^2 \times (y_C - r \cdot \cos \varphi)^{-1} \right)^{0.5} \quad 6)$$

Вертикальная составляющая окружной скорости поворота КЦРО V_{2M}^B может быть определена следующим образом:

$$V_{2M}^B = V_{2M} \cos \alpha_1, \quad (7)$$

где

$$\cos \alpha_1 = \frac{l_1}{l_M} \text{ откуда } \alpha_1 = \arccos\left(\frac{l_1}{l_M}\right). \quad (8)$$

Анализ полученной зависимости (7) показывает, что периферийные точки цилиндрической поверхности КЦРО имеют большую скорость. Поэтому можно предположить, что в процессе уплотнения величина деформации под периферийными частями цилиндрической поверхности КЦРО будет большей, чем под её центральной частью. Это предположение в дальнейшем получило свое подтверждение при экспериментальных исследованиях характера деформации смеси качающимся штампом [2].

Результирующая скорость вертикального перемещения точки M V_{1M} определяется:

$$V_{1M} = V_{3M} + V_{2M}. \quad (9)$$

Проекция скорости V_{2M}^B на направление касательной к цилиндрической рабочей поверхности КЦРО в точке M равна:

$$V_{6M} = \frac{V_{1M}}{\sin \alpha_1}. \quad (10)$$

Если теперь точку контакта M рассматривать как точку, принадлежащую поверхности уплотняемой бетонной смеси, то она будет двигаться вместе с последней со скоростью V_{Π} в горизонтальном направлении и со скоростью V_{5M} в вертикальном направлении (скорость вертикальной деформации бетонной смеси). Величину V_{5M} можно определить следующим образом.

Пусть за какое-то бесконечно малое время dt точка M , принадлежащая опорной поверхности, прошла путь ds , проекция которого на ось y составляет dy , а на ось x – dx (рис. 2). Так как точка M может двигаться вдоль линии контакта, то

$$dy = dx \cdot \operatorname{tg} \alpha_1. \quad (11)$$

Поделив обе части последнего уравнения на бесконечно малое время dt , запишем

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1.$$

Имея в виду, что

$$\frac{dy}{dt} = V_{5M} \text{ и } \frac{dx}{dt} = V_{\Pi},$$

окончательно получим горизонтальную составляющую скорости движения точки контакта M , принадлежащей поверхности бетонной смеси:

$$V_{5M} = V_{\Pi} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1. \quad (12)$$

Результирующая скорости точки M , принадлежащей поверхности бетонной смеси, направлена по касательной к траектории движения и равна

$$V_{4M} = \frac{V_{\Pi}}{\cos \alpha_1} \quad 13)$$

Таким образом, если точку M рассматривать как точку поверхности уплотняемой бетонной смеси, то ее скорость будет V_{4M} , а, если как точку цилиндрической поверхности рабочего органа – V_{6M} .

Из формул (10) и (13) следует, что если точка контакта M принадлежит поверхности уплотняемой смеси, то ее скорость будет отличной от скорости той же точки M , отнесенной к цилиндрической поверхности КЦРО. Вследствие этого элемент цилиндрической поверхности КЦРО, находящийся в точке M и все прочие элементы, за исключением тех, для которых $V_{1G} = V_{4M}$, будут неизбежно проскальзывать относительно поверхности бетонной смеси. Полученные зависимости позволяют определить скорость проскальзывания и затрачиваемую на проскальзывание мощность привода.

Список используемых источников:

1. А.С. № 1038246 (СССР), МКИЗ В 28 В 13/02. Устройство для уплотнения строительных смесей. В.Н. Каледа, Н.В. Михайлов (СССР). Оpubл. в Б.И., 1986, № 39.
2. Каледа В.Н., Каледа И.А. Лабораторные исследования характера деформации жёстких мелкозернистых бетонных смесей при уплотнении качающимся цилиндрическим рабочим органом // Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности. Ч. 6. Тамбов: Консалтинговая компания Юком, 2014. С. 87-91.
3. Ульянов Н.А. Колёсные движители строительных и дорожных машин: теория и расчёт. М.: Машиностроение, 1982. 279 с.
4. Ульянов Н.А. Теория самоходных колёсных землеройных машин. М.: Машиностроение, 1969. 520 с.

© 2016, Каледа В.Н., Каледа И.А., Туманова Н.Н.
Кинематика взаимодействия качающегося рабочего органа с деформируемой поверхностью бетонной смеси в процессе уплотнения

© 2016, Kaleda V.N., Kaleda I.A., Tumanova N.N.
Kinematics of interaction of the shaking working body with a deformable surface of concrete mix in the course of consolidation