

Eksploatatsiya i remontizdeliyvoennoyehniki. Terminy i opredeleniya]. Moscow, Standartinform, 2008. 36 p.

3. The analysis of the existing means of maintenance and army repair of armored arms and the equipment, development of offers on their upgrade or creation of new samples: report on NIR «Short meeting» [*Analizsus chesvuyuschih sredstv tehnikeskogo obsluzhivaniya i voyskovogo remonta bronetankovogo vooruzheniya i tehniki, razrabotka predlozheniy po ih modernizatsii ili sozdaniyu novykh obraztsov*]. E.G. Sobolev; Otv. Ispoln. I.E. Cherepanov; Ispoln. E.Yu. Golyashova, A.V. Spodin, R.V. Svirin. Moscow, 1997. 99 p.

4. The analysis and generalization of results of under control operation and the statistical recording of refusals and damages of objects of BTVT in case of their operation: report [*Analiz i obobschenie rezul'tatov podkontrol'noy eksploatatsii i statisticheskogo ucheta otkazov i povrezhdeniyob'ektov BTVT priiexploatatsii*]. Moscow, 1989. 94 p.

5. GOST P 56111-2014. The integrated logistical support of the exported military products. Product indicators of operational technical characteristics [*State standard R 56111 – 2014. Nomenklatura pokazateley eksploatatsionno-tehnicheskikh harakteristik*] Moscow, Standartinform, 2014. 15 p.

Винник Анатолий Игоревич (Россия, г. Омск)
– адъюнкт; Омский автобронетанковый

инженерный институт (644098, г. Омск, 14 военный городок, e-mail: vinnik19@rambler.ru).

Макаренко Николай Григорьевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, профессор кафедры эксплуатации ОАБИИ; Омский автобронетанковый инженерный институт (644098, г. Омск, 14 военный городок, e-mail: macnik@yandex.ru).

Шаргаев Алексей Александрович (Россия, г. Омск) – адъюнкт; Омский автобронетанковый инженерный институт (644098, г. Омск, 14 военный городок, e-mail: al.shargaev@mail.ru).

Vinnik Anatoliy Igorevich (Russian Federation, Omsk) – postGraduate, Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14th military camp, e-mail: vinnik19@rambler.ru).

Makarenko Nikolay Grigorievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, Professor at the maintenance department of OABII Omsk Tank-Automotive Engineering Institute 644098, Omsk, 14th military camp, e-mail: macnik@yandex.ru).

Shargayev Aleksey Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – postGraduate, Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14th military camp, e-mail: al.shargaev@mail.ru).

УДК 625.76

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСЦИЛЛЯТОРНО-ВИБРАЦИОННОГО КАТКА

В.В. Дубков, А.М. Базинская
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье рассмотрен механизм вибровозбудителя осцилляторно-вибрационного катка с тремя дебалансными валами, рассмотрены вопросы воздействия двух возмущающих сил на уплотняемый материал, создаваемых данными дебалансами. Определена зависимость массы и радиуса центрального дебаланса осцилляторного катка от массы и радиуса его боковых дебалансов и их угловой скорости. Представлены графические зависимости массы центрального дебаланса от массы боковых дебалансов при различных углах приложения нагрузки. Разработана методика определения масс радиусов дебалансов осцилляторно-вибрационного катка.

Ключевые слова: уплотнение дорожно-строительных материалов, осцилляторные, вибрационные катки, дебалансные валы, масса дебаланса, радиус дебаланса.

Введение

Одним из главных факторов надежности дорожного покрытия, в частности асфальтобетонного, является хорошее уплотнение материала, что является гарантией долговечности дороги. Для уплотнения применяются катки разного

действия. Катки бывают статистического, вибрационного, вибрационно-статистического и осцилляторного действия.

У каждого из этих катков есть достоинства и недостатки при уплотнении дорожно-строительных материалов.

Расчет параметров осцилляторно-вибрационного катка

Рассмотрим каток, в котором механизм вибрационных колебаний выполнен в виде двух вибровозбудителей круговых колебаний, оси которых смещены от оси вращения вальца в противоположные стороны. Третий вибровозбудитель установлен соосно с вальцом, а его дебалансные массы смещены на определенный угол по отношению к первым двум дебалансным валам. Данная схема вибрационного механизма рассмотрена в работах [1, 2, 3].

Совместное воздействие на вибровалец двух возмущающих сил, возникающих при одновременном вращении трех валов с дебалансами, оказывает сминающее и сдвигающее воздействие на уплотняемый материал. Возникающие при этом вертикальные и сдвигающие деформации будут обеспечивать довольно высокую эффективность уплотнения при определенной частоте вращения вибрационных валов и их взаимном расположении [1].

Рассмотрим возмущающие силы, действующие на уплотняемый материал (рис.1).

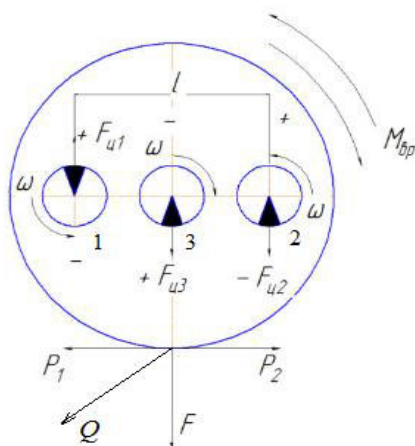


Рис. 1. Схема воздействия осцилляторно-вибрационного вальца катка на уплотняемый материал

Сила, которая создается дебалансами вальца, Q , равна сумме горизонтальной силы P_1 и вертикальной силы F , создаваемой центральным дебалансом.

$$Q = P_1 + F, \quad (1)$$

Для наиболее эффективного уплотнения (с наименьшими затратами энергии) необходимо, чтобы результирующая сила Q

была направлена к уплотняемому материалу под углом внутреннего трения материала.

Угол внутреннего трения – угол наклона прямолинейной части диаграммы сдвига асфальтобетона к оси нормальных давлений. Угол внутреннего трения является показателем сил трения в материале, возникающих при явлениях сдвига и оказывающих сопротивление сдвигу. На основании исследований Захаренко А.В. [4, 5, 6] были выявлены средние значения угла внутреннего трения для различных материалов. Таким образом, угол внутреннего трения для асфальтобетона по рекомендации [4] равен $37...42^\circ$. На рисунке 2 показан данный угол.

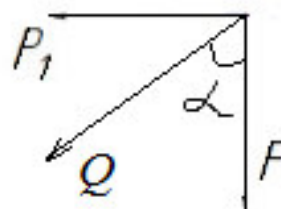


Рис. 2. Угол внутреннего трения

По правилам геометрии запишем следующие формулы, исходя из рисунка 2:

$$\sin \alpha = \frac{P_1}{Q} \text{ и } \cos \alpha = \frac{F}{Q}, \text{ откуда } \frac{P_1}{\sin \alpha} = \frac{F}{\cos \alpha},$$

так образом, соотношение сил определяется по формуле:

$$\frac{P_1}{F} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}, \quad (2)$$

Исходя из значений угла внутреннего трения, найдем соотношение сил P_1/F по формуле 2:

$$\frac{P_1}{F} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = (0,75 \dots 0,90)$$

Из данного условия выразим вертикальную силу: $F = P_1 / (0,75 \dots 0,90)$.

Эффективность уплотнения материала вальцом осцилляторного катка будет зависеть от сцепления рабочего органа с уплотняемым материалом. То есть, должно выполняться условие, связанное с возможностью преодоления вальцом сопротивления материала сдвигу и с исключением или сведением к минимуму бесполезной его вращательной пробуксовки (проскальзывания), которая нежелательна из-за снижения уплотняющей эффективности и возможного износа его поверхности за счет

абразивного истирания. Это важное условие, которое выражается через моменты действующих сил на вальце относительно его оси и включающее в более общем виде рассмотрено в работах М.П. Костельова [7, 8]. Данное условие выглядит так:

$$M_0 \cdot \sin \omega t \geq M_w \leq M_T, \quad (3)$$

где M_w – момент силы сопротивления материала сдвигу относительно оси вальца, Н·м; M_T – момент силы трения относительно оси вальца, Н·м.

Момент силы сопротивления материала сдвигу относительно оси вальца приравнивается моменту силы сцепления вальца с уплотняемым материалом.

Момент силы сцепления вальца с уплотняемым материалом можно найти по следующей формуле:

$$M_{сц} = T_{сц} \cdot R, \quad (4)$$

где $T_{сц}$ – сила сцепления материала с рабочим органом катка, Н; R – радиус вальца, м.

Силу сцепления вальца с покрытием найдем по формуле:

$$T_{сц} = Q_{сц} \cdot \varphi_{сц}, \quad (5)$$

где $Q_{сц}$ – сцепной вес катка, то есть сила тяжести, приходящийся на ведущие вальцы катка, кН; $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления вальца с материалом укатываемой поверхности, определяется экспериментальным путем.

Сцепной вес зависит от технических параметров катка и от вертикальной силы F и определяется выражением:

$$Q_{сц} = m_{с.с} \cdot g + F, \quad (6)$$

где $m_{с.с}$ – масса катка, приходящаяся на ведущий валец катка, кг; g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

Учитывая формулы (3-5), запишем окончательную формулу для определения момента силы сцепления вальца с поверхностью покрытия:

$$M_{сц} = (m_{с.с} \cdot g + F) \cdot \varphi_{сц} \cdot R, \quad (7)$$

Момент крутящих колебаний от двух дебалансных валов равен:

$$M_{\text{вп}} = P_0 \cdot l, \quad (8)$$

где l – расстояние между осями дебалансных валов, м; P_0 – возмущающая сила, создаваемая дебалансным валом.

Возмущающая сила, создаваемая дебалансным валом, зависит от геометрических размеров и массы дебаланса и угловой скорости вращения вала. Определяется она по формуле:

$$P_0 = m_{\delta} \cdot r_0 \cdot \omega^2, \quad (9)$$

где m_{δ} – масса эксцентриситета, кг; r_0 – радиус дебаланса, м; ω – угловая скорость дебаланса, рад/с.

М.П. Костельов в статье [7] приводит значения частот крутильных колебаний, при которых идет наиболее эффективное уплотнение асфальтобетона. Данные частоты равны 60-80 Гц.

Угловая скорость связана с частотой колебаний через следующую зависимость:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (10)$$

где n – частота вращения, Гц.

Используя формулы (8-10) запишем окончательную формулу определения крутящего момента создаваемого дебалансными валами катка:

$$M_{\text{вп}} = m_{\delta} \cdot r_0 \cdot \omega^2 \cdot l, \quad (11)$$

Запишем условие (3) таким образом:

$$M_{\text{вп}} \sin \omega t \geq M_{сц}.$$

Далее приравняем правые части уравнений (7) и (11):

$$(m_{с.с} \cdot g + F) \cdot \varphi_{сц} \cdot R = m_{\delta} \cdot r_0 \cdot \omega^2 \cdot l,$$

и теперь из полученного уравнения выразим радиус (12) и массу (13) боковых дебалансов катка:

$$r_0 = \frac{(m_{с.с} \cdot g + F) \cdot \varphi_{сц} \cdot R}{m_{\delta} \cdot \omega^2 \cdot l}; \quad (12)$$

$$m_{\delta} = \frac{(m_{с.с} \cdot g + F) \cdot \varphi_{сц} \cdot R}{r_0 \cdot \omega^2 \cdot l}, \quad (13)$$

Таким образом, данные расчетные формулы показывают зависимость радиуса и массы боковых дебалансов в зависимости от массы вальца, частоты вращения боковых дебалансных валов, вертикальной силы действующей на валец и расстояния между осями дебалансных валов.

График зависимости радиуса дебалансов от их массы представлен на рисунке 3.

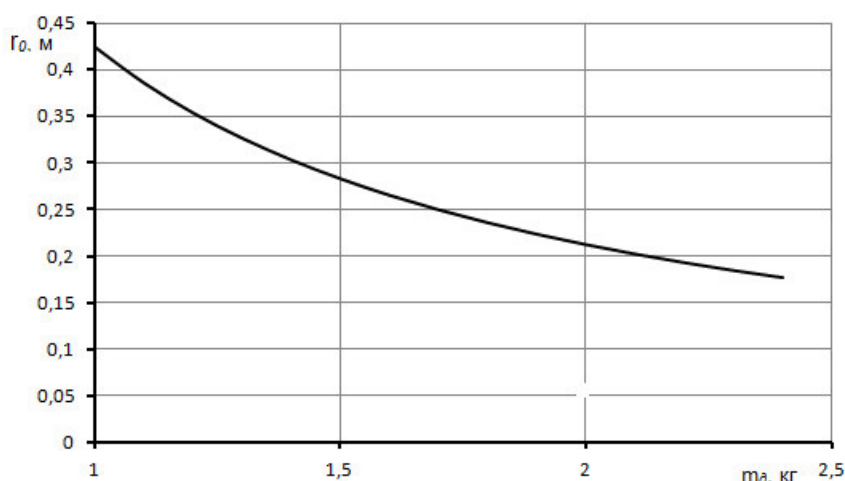


Рис. 3. График зависимости радиуса дебаланса r_0 от массы m_d

Зная радиус и массу боковых дебалансов, можно определить параметры центрального дебалансного вала.

Вертикальная сила F находится по формуле:

$$F = m_3 \cdot r_3 \cdot \omega_3^2, \quad (14)$$

где m_3 – масса центрального дебаланса, кг; r_3 – радиус центрального дебаланса, м; ω_3 – угловая скорость центрального дебаланса, рад/с.

Принимая соотношение сил $F = P_1 / (0,75 \dots 0,90)$, используя формулу (9) и (14) запишем формулы для нахождения параметров центрального дебаланса:

$$m_3 \cdot r_3 \cdot \omega_3^2 = \frac{m_d \cdot r_0 \cdot \omega^2}{(0,75 \dots 0,90)},$$

$$m_3 = \frac{m_d \cdot r_0 \cdot \omega^2}{(0,75 \dots 0,90) \cdot \omega_3^2 \cdot r_3}, \quad (15)$$

$$r_3 = \frac{m_d \cdot r_0 \cdot \omega^2}{(0,75 \dots 0,90) \cdot \omega_3^2 \cdot m_3}, \quad (16)$$

Ниже на рис. 4 приведены графики зависимости массы центрального дебаланса от массы бокового дебаланса. При этом показаны зависимости при различных углах приложения нагрузки.

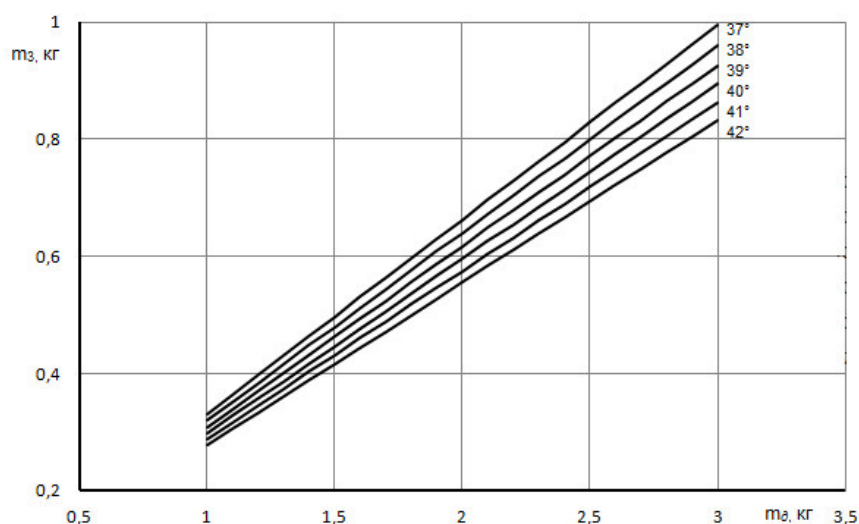


Рис. 4. Графики зависимости массы центрального дебаланса m_3 от массы боковых дебалансов m_d при различных углах приложения нагрузки

Заключение

Полученные математические выражения (15) и (16) показывают зависимость массы и

радиуса центрального дебаланса от массы и радиуса боковых дебалансов и угловой скорости дебалансов.

Библиографический список

1. Дубков, В.В. Повышение эффективности уплотнения дорожно-строительных материалов осцилляторно-вибрационным катком / В.В. Дубков, К.А. Медведева // Техника и технологии строительства. – 2015. – Т. 1. – С. 49-53.
2. Пат. 2079610 РФ, МПК⁶ E 02 F 5/12, E 01 C 19/28. Самоходный вибрационный каток с возбудителем комбинированного действия / М.Р. Буренюк, О.М. Карпов, А.А. Цуканов, В.Н. Григорук; Московское высшее военное дорожное инженерное училище. – № 94033300/03; заявл. 14.09.1994; опубл. 20.05.1997, Бюл. №14. – 4 с.
3. Пат. 121261 РФ, МПК E 01 C 19/28. Валец дорожного катка комбинированного действия / В.В. Дубков, В.С. Серебренников; СибАДИ. – № 2012123883/03; заявл. 08.06.2012; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29. – 6 с.
4. Захаренко, А.В. Теоретические и экспериментальные исследования процессов уплотнения катками грунтов и асфальтобетонных смесей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А.В. Захаренко; СибАДИ. – Омск, 2005. – 44 с.
5. Захаренко, А.В. Определение коэффициента сцепления вальца дорожного катка с уплотняемым материалом / А.В. Захаренко // Строительные и дорожные машины. – 2005. – № 8 – С. 30-31.
6. Захаренко, А.В. Управление вектором силового воздействия вальца дорожного катка / А.В. Захаренко // Строительные и дорожные машины. – 2005. – № 4. – С. 40-43.
7. Костельов, М.П. Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов / М.П. Костельов // Автомобильные дороги. – 1991. – № 6. – С. 13-15.
8. Костельов, М.П. Уплотнению асфальтобетона требуется обновленное поколение дорожных катков / М.П. Костельов // Дорожная техника и технология: каталог-справочник. – СПб: Славутич, 2003. – С. 12-22.

THE DEFINITION OF THE PARAMETERS OSCILLATORE-VIBRATION ROLLERS

V.V. Dubkov, A.M. Bazinskaya

Abstract. This article discusses the mechanism of vibration exciter oscillatore-compactor with three unbalanced shafts, the issues of the impact of the two disturbing forces generated by these debalance. The dependence of the mass and radius of the Central balance weight oscillating rink from the mass and the radius of its lateral disbalansov and their angular velocity.

Keywords: sealing road-buiding materials, oscillatory, vibratory rollers, unbalance shafts, the mass of the imbalance, the radius of the imbalance.

References

1. Dubkov V.V., Medvedeva K.A. Improving efficiency seals road-buiding materials oscillatore-vibrating rollers [Povyshenie ehffektivnosti uplotneniya dorozhno-stroitel'nyh materialov oscilyatorno-vibracionnym katkom] *Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva*, 2015. pp. 49-53.
2. Burenyuk M.R., Karpov O.M., Cukanov A.A., Grigoruk V. N. Self-propelled vibratory roller with the combined action of the agent [Samohodnyj vibracionnyj katok s vozbu-ditelem kombinirovannogo dejstviya]. Pat. 2079610 RF.
3. Dubkov V.V., Serebrennikov V.S. Drum road roller combined action [Valec dorozhnogo katka kombinirovannogo dejstviya]. Pat. 121261 RF.
4. Zaharenko A.V. Theoretical and experimental study of the processes of soil compaction rollers and asphalt mixes [Teoreticheskie i ehksperi-mental'nye issledovaniya processov uplotneniya katkami gruntov i asfal'tobetonnyh smesey: av-toref. dis. d-ra tekhn. nauk]. SibADI. Omsk, 2005. 44 p.
5. Zaharenko A.B. Determination of the clutch drum road roller with a sealing material factor [Opredelenie koehfficien-ta scepleniya val'ca dorozhnogo katka s uplotnyae-mym materialom]. *Stroitel'-nye i dorozhnye mashiny*, 2005, no 8. pp. 30-31.
6. Zaharenko A.B. Control vector force action roller road roller [Upravlenie vektorom silo-vogo vozdeystviya val'ca dorozhnogo katka]. *Stroitel'-nye i dorozhnye mashiny*, 2005, no 4. pp. 40-43.
7. Kostel'ov M.P. New method of compaction of road construction materials [Novyj sposob uplotneniya dorozhno-stroitel'nyh materialov]. *Avtomobil'-nye dorogi*, 1991, no 6. pp.13-15.
8. Kostel'ov M.P. The church, MP seal asphalt concrete requires an updated generation of rollers [Uplotneniyu asfal'tobe-tonsya trebuetsya obnovennoe pokolenie dorozhnyh katkov]. *Dorozhnaya tekhnika i tekhnologiya: katalog-spravochnik*. St. Petersburg: Slavutich, 2003. pp. 12-22.

Дубков Валерий Витальевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5., e-mail: dubkovvv.74@mail.ru).

Базинская Алена Михайловна (Россия, г. Омск) – магистрант, ФГБОУ ВО «СибАДИ», гр. ЭТКм-15Т1 (644080, г.Омск, пр.Мира, д.5., e-mail: bazinskaya1993@bk.ru).

Dubkov Valery Vitalievich (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical Sciences, associate Professor Sibirskaya State Automobile and Highway Academy {SibADI}(644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation., e-mail: dubkovvv.74@mail.ru).

Bazinskaya Alena Mikhailovna (Omsk, Russian Federation) – undergraduate, Sibirskaya State Automobile and Highway Academy (SibAD) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation., e-mail: bazinskaya1993@bk.ru).