

УДК 666.97.033.16

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ВИБРОПЛОЩАДОК С ДВУХЧАСТОТНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ***Иткин А.Ф., к.т.н., генеральный директор**ИТЭСУ «Нефтегазстройизоляция»**Маслов А.Г., д.т.н., проф.**Кременчугский государственный политехнический университет**имени Михаила Остроградского**39614, г.Кременчуг, ул.Первомайская, 20**E-mail: [kmto@polytech.poltava.ua](mailto:kmto@polytech.poltava.ua)*

Висловлені результати досліджень і розробки вібраційних збуджувачів коливань, які призначені для використання на двохчастотних віброплощадках горизонтально направленої і просторової дії.

**Ключові слова:** вібраційна площадка, збуджувач коливань, бетонна суміш

Results are expounded of researches and development of vibration exciters of vibrations, which is intended for the use on the twofrequency vibration grounds horizontally directed and spatial action.

**Key words:** vibration ground, exciter of vibrations, concrete mixture

**Введение.** Создание вибрационных площадок с двухчастотными горизонтально направленными и пространственными колебаниями [1, 2] потребовало разработку нового вида вибрационных возбудителей колебаний, обеспечивающих генерирование вибрационного воздействия с определенной формой колебаний и эффективного формования изделий как из пластичных, так и жестких цементобетонных смесей.

**Анализ предыдущих исследований.** Вибрационные возбудители колебаний являются основными узлами вибрационных площадок для формования цементобетонных смесей. Их конструктивное исполнение оказывает существенное влияние на работоспособность, общее устройство и конструкцию, а также на энергоемкость и металлоемкость вибрационных площадок. Вибрационные возбудители колебаний должны легко встраиваться в конструкцию виброплощадки, быть компактными, иметь небольшую металлоемкость, иметь сравнительно простую конструкцию и легкость в обслуживании при эксплуатации, а также генерировать в определенном направлении достаточно мощное возмущающее воздействие по определенному закону. На основе этих требований авторами были разработаны вибровозбудители колебаний с дебалансными валами и ротационные, предназначенные для использования на вибрационных площадках горизонтального и пространственного действия с двухчастотным вибрационным воздействием на уплотняемую цементобетонную смесь.

**Цель работы.** Определение рациональных параметров вибрационных возбудителей колебаний для вибрационных площадок с двухчастотными горизонтально направленными и пространственными

колебаниями, предназначенными для формования изделий из цементобетонных смесей.

**Материал и результаты исследований.** Для привода вибрационных площадок с горизонтальными и пространственными колебаниями подвижной рамы были разработаны вибрационные возбудители с низкой и высокой частотами колебаний [1].

Высокочастотный вибровозбудитель колебаний (рис. 1) включает корпус 1, выполненный в виде жестко закрепленного на фланцевой опоре цилиндра, внутри которого при помощи четырех радиальных сферических двухрядных роликоподшипников 2 смонтирован несущий дебалансный вал 3 с дебалансами 4, вынесенными за пределы корпуса 1. Торцы корпуса 1 закрыты проходными крышками 5 с уплотнительными манжетами 6. Для разделения попарно сблокированных роликоподшипников 2 и образования в центральной части корпуса полости для смазки предусмотрен буртик на валу 3. Между подшипниками 2 и дебалансами 4 установлены распорные втулки 7. Привод дебалансного вала осуществляется через шкив 8 клиноременной передачи. При помощи шпоночных соединений 9 смонтированы на несущем валу дебалансы 4 и шкив 8, для предотвращения смещений которых в осевом направлении предусмотрены торцевые шайбы 10. На корпусе 1 установлены масленки 11, которые служат для периодической подачи смазки к подшипникам качения через специальные отверстия, выполненные в корпусе. Благодаря специально выполненным пазам в проходных крышках 5 смазка свободно попадает в верхний и нижний подшипники.

На высокочастотном вибровозбудителе колебаний обычно используются нерегулируемые дебалансы.

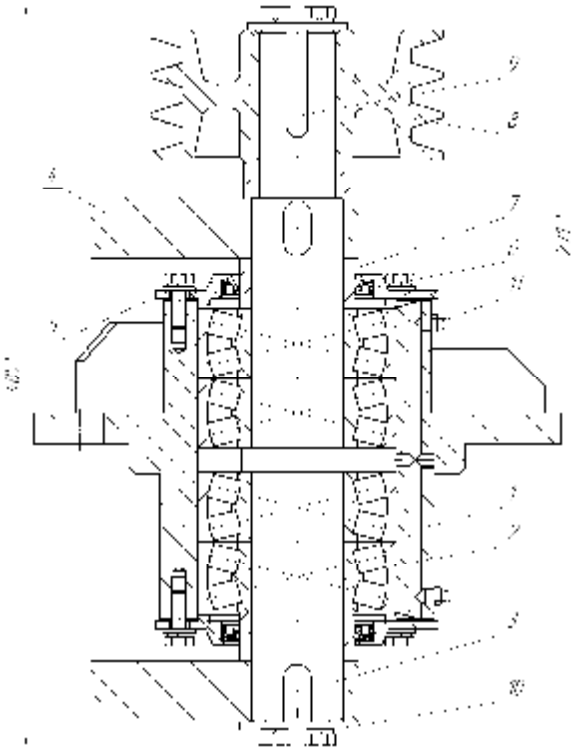


Рисунок 1 – Высокочастотный вибровозбудитель колебаний

Низкочастотный вибровозбудитель колебаний (рис.2) отличается от высокочастотного вибровозбудителя колебаний конструктивным исполнением. В нем используются только 2 радиальных сферических двухрядных роликоподшипника, и применены регулируемые дебалансы, позволяющие изменять амплитуду возмущающей силы.

Регулировка амплитуды возмущающей силы осуществляется следующим образом. Вначале выкручиваются болты 14 и 15. Затем дебалансы 5 разворачиваются относительно дебалансов 6 и закрепляются в одном из четырех положений. Для этого дебалансы 5 свободно посажены на валу 3, и в них выполнено по четыре отверстия, а дебалансы 6 соединены с валом 3 при помощи шпоночных соединений.

Для обеспечения наиболее благоприятной работы подшипников при циркулирующей нагрузке были выбраны следующие посадки: на вал по  $\frac{L_0}{j_s^6}$ , в корпус по  $\frac{J_s^7}{l_0}$ .

корпус по  $\frac{J_s^7}{l_0}$ .

В процессе расчета подшипников качения использовалась методика [3], в которой приведены сведения по рекомендуемым ресурсам подшипниковых узлов для машин и оборудования различного назначения в соответствии с действующими нормативами и уточненные характеристики наиболее распространенных стандартных подшипников.

Динамическая грузоподъемность подшипника может быть определена по известной зависимости:

$$C = P_{\text{экв}} \sqrt[n]{L}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{экв}}$  - эквивалентная динамическая нагрузка;  $L$  - долговечность подшипника в миллионах оборотов;  $n$  - показатель степени, для роликоподшипников  $n=10/3$ .

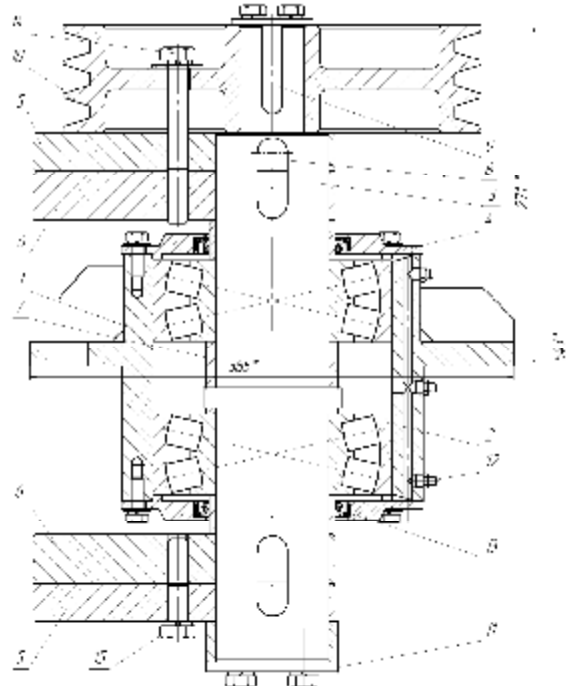


Рисунок 2 – Низкочастотный вибровозбудитель колебаний: 1 – корпус; 2 – подшипник; 3 – вал; 4 – Крышка подшипника проходная; 5 – поворачиваемый на валу дебаланс; 6 – неподвижный дебаланс; 7 – распорная втулка; 8 – шпонка специальная; 9 – шпонка; 10 – шкив; 11 – торцевая шайба; 12 – масленка; 13 – манжета; 14, 15 – болты регулировочные

При расчете вибровозбудителей колебаний была принята 90%-ная вероятность безотказной работы подшипников, что свойственно для опор машин общего назначения и тяжелого режима работы. Тогда для радиальных сферических двухрядных роликоподшипников, используемых в вибровозбудителях с низкой и высокой частотами колебаний, эквивалентная динамическая нагрузка может быть определена из следующей зависимости:

$$P_{\text{экв}} = \frac{Q}{z} V_H K_E K_\sigma, \quad (2)$$

где  $Q$  - амплитуда возмущающей силы вибровозбудителя колебаний;  $z$  - количество несущих подшипников в вибровозбудителе колебаний;  $K_E$  - коэффициент режима работы, для тяжелого режима работы  $K_E=0,8$ ;  $K_\sigma$  - коэффициент безопасности,  $K_\sigma=1,3$ ;  $V_H$  - коэффициент, учитывающий вращение наружного кольца подшипника.

Расчетная долговечность подшипника в миллионах оборотов

$$L = 573wf10^{-6}, \quad (3)$$

где  $w$  - угловая частота вынужденных колебаний, рад/с;  $t$  - расчетная долговечность работы подшипника в часах.

Подставляя выражения (2) и (3) в зависимость (1), определим амплитуду возмущающей силы  $Q$  вибровозбудителя колебаний в зависимости от типоразмера выбранных подшипников и их количества в вибровозбудителе:

$$Q = \frac{C_r z}{K_E K_\delta V_n \sqrt[5]{573wt10^{-6}}}, \quad (4)$$

где  $C_r$  - динамическая грузоподъемность определенного типоразмера подшипника.

В конструкциях низкочастотных и высокочастотных вибровозбудителей колебаний целесообразно использовать радиальные сферические двухрядные роликоподшипники серии 36 с латунным сепаратором, имеющих класс точности 0.

Технические характеристики высокочастотных вибровозбудителей колебаний (рис. 1) приведены в табл. 1, а низкочастотных вибровозбудителей колебаний (рис. 2) – в табл. 2. Для сравнительной оценки вибровозбудителей колебаний использовалось отношение  $Q/m_e$ , т.е. отношение амплитуды возмущающей силы к массе вибровозбудителя колебаний (кН/кг).

**Таблица 1 – Техническая характеристика высокочастотных вибровозбудителей круговых колебаний**

№ п/п	Наименование показателей	Тип вибровозбудителя колебаний				
		B1-335	B1-292-1	B1-292-2	B1-292-3	B1-272-4
1	Угловая частота вынужденных колебаний, рад/с	335	292	292	292	272
2	Статический момент массы дебалансов, кг·см	71,25	97,25	117,54	140,4	190
3	Амплитуда возмущающей силы, кН	80	82,9	100,2	119,7	140,5
4	Масса вибровозбудителя, кг	83,6	85,7	88,2	89,2	97,5
5	$Q/m_e$ , кН/кг	0,957	0,963	1,136	1,342	1,44

**Таблица 2 – Техническая характеристика низкочастотных вибровозбудителей круговых колебаний**

№ п/п	Наименование показателей	Тип вибровозбудителя колебаний		
		B2-175	B2-190	B2-204
1	Угловая частота вынужденных колебаний, рад/с	175,2	189,6	204,4
2	Статический момент массы дебалансов, кг·см	463,5; 401,4 327,7; 231,8	385,7; 334,0 272,7; 192,9	320,9; 277,9 226,9; 160,5
3	Амплитуда возмущающей силы, кН	142,3; 132,2 100,6; 71,2	138,9; 120,3 98,2; 69,5	134,0; 116,0 94,7; 67,0
4	Масса вибровозбудителя, кг	164,6	155,6	147
5	$Q/m_e$ , кН/кг	0,864	0,893	0,911

На рис. 3 показана фотография созданных вибрационных возбудителей колебаний, которые используются на двухчастотной виброплощадке с горизонтально направленными колебаниями грузоподъемностью 15 тонн. Вибровозбудители колебаний с дебалансными валами имеют сравнительно несложную и компактную конструкцию, легко встраиваются в центральную часть виброплощадки и имеют надежное крепление. Благодаря компактной конструкции и симметричному расположению дебалансов относительно фланцевых опор они при работе не создают опрокидывающих моментов, обеспечивая тем самым равномерность амплитуд колебаний подвижной рамы виброплощадки по всей ее длине, что положительно влияет на качество формуемого изделия.



Рисунок 3 –Высокочастотный B1-292-2 и низкочастотный B2-204 вибровозбудители колебаний

Длительная эксплуатация вибровозбудителей колебаний с дебалансными валами показала, что они достаточно надежны в работе и не требуют трудоемкого обслуживания. Предлагаемые низкочастотные и высокочастотные вибровозбудители колебаний могут устанавливаться совместно на одной подвижной раме виброплощадки или по отдельности.

По соотношению  $Q/m_0$  предлагаемые вибровозбудители колебаний имеют наилучшие показатели по сравнению с известными, выпускаемыми промышленностью, вибровозбудителями колебаний.

Для снижения себестоимости изготовления вибровозбудителей колебаний за счет исключения из конструкции дорогостоящих радиальных сферических роликоподшипников были разработаны ротационные вибровозбудители колебаний [4]. На рис. 4 и 5 показан высокочастотный ротационный вибровозбудитель колебаний. Он выполнен в виде жестко закрепленной на фланцевой опоре 1 центральной полой оси 2, на выступающих концах которой смонтированы на подшипниках качения 3 два дебалансных ротора 4, равноотстоящих от опорной поверхности фланцевой опоры 1, при этом каждый дебалансный ротор выполнен в виде закрытой с двух сторон торцевыми крышками 5 и 6 несущей обоймы 7, на внешнем диаметре которой закреплены дебалансы 8 и 9, причем наружные торцевые крышки 6 установлены с зазором по отношению к торцам оси 2 и жестко закреплены как на роторах, так и на приводном валу 10, который установлен внутри полой оси с зазором. Каждый ротор снабжен основным 8 и дополнительными 9 дебалансами. Дополнительные дебалансы 9 являются съемными. Они имеют круглую форму и симметрично закреплены при помощи пальцев 11 на основном дебалансе. Основные дебалансы смонтированы на несущих обоймах 7 при помощи шпоночных соединений 12. Во внутренних торцевых крышках 5 установлены манжеты 13. Для удержания пальцев от смещения в осевом направлении используются шплинтовые соединения 14. На приводном валу 10 установлен шкив 15 клиноременной передачи, посредством которой вибровозбудитель колебаний связан с электродвигателем (на рис. не показан).

Вибровозбудитель колебаний работает следующим образом.

При вращении приводного вала 10 движение через наружные торцевые крышки 6 передается на дебалансные роторы 4. При этом роторы генерируют возмущающую силу, амплитуда которой равна:

$$Q = m_0 w^2 r, \quad (5)$$

где  $m_0$  - масса дебалансов, кг;  $w$  - угловая скорость вращения дебалансных роторов, рад/с;  $r$  - эксцентриситет, т.е. расстояние от оси вращения до центра тяжести дебалансов, м.

За счет большого эксцентриситета, обусловленного предлагаемой конструкцией, значительно снижается масса дебалансов.

Регулировка амплитуды возмущающей силы осуществляется за счет изменения массы съемных дебалансов 9. Крепление съемных дебалансов 9 на основных дебалансах 8 при помощи пальцев 11 значительно увеличивает величину эксцентриситета и одновременно упрощает конструкцию роторов.

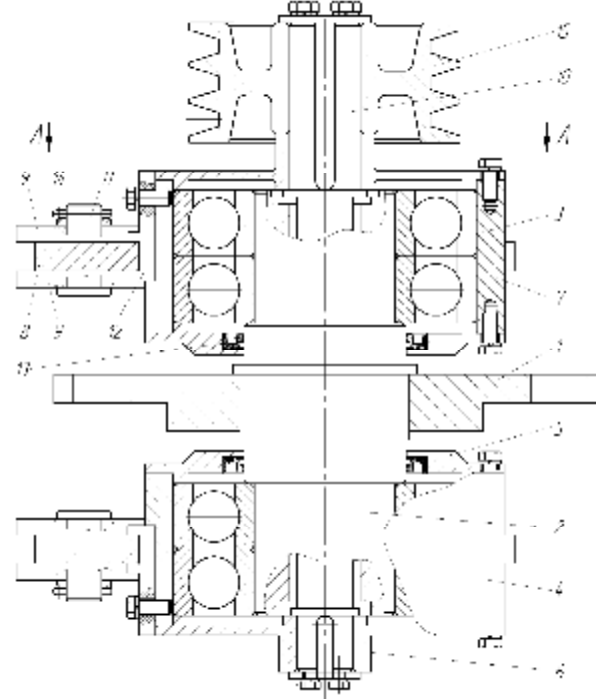


Рисунок 4 – Общий вид ротационного возбуждителя круговых колебаний

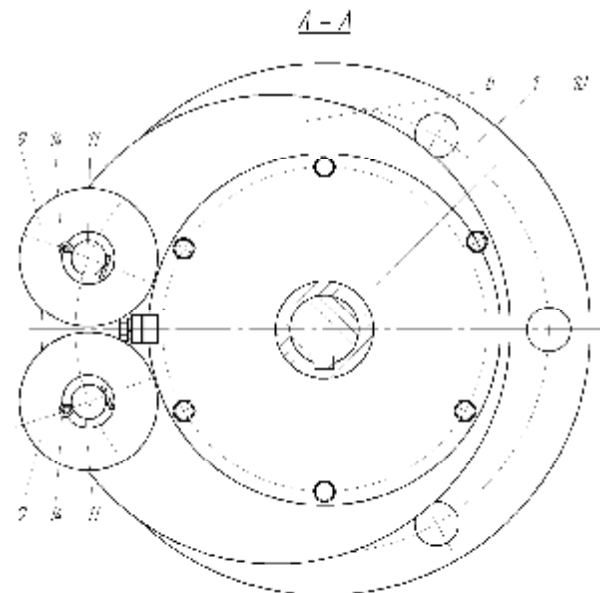


Рисунок 5 – Разрез А – А на рисунке 4

Установка дебалансных роторов на равном расстоянии от опорной поверхности фланцевой опоры позволяет устранить возникновение угловых вибрационных воздействий в вертикальной плоскости на крепление вибровозбудителя колебаний.

Низкочастотный ротационный вибровозбудитель колебаний отличается от высокочастотного ротационного вибровозбудителя колебаний только массой дебалансов и размерами шкива 15 клиноременной передачи. Для расчета номинальной амплитуды возмущающей силы вибровозбудителей коле-

баний в зависимости от выбранных подшипников использовалась зависимость 4.

В таблице 3 приведены технические характеристики высокочастотного и низкочастотного ротационных вибровозбудителей круговых колебаний.

**Таблица 3 – Техническая характеристика ротационных вибровозбудителей колебаний**

№ п/п	Наименование показателей	Тип вибровозбудителя колебаний	
		Высокочастотный ВР1-272-105	Низкочастотный ВР2-177-125
1	Угловая частота вынужденных колебаний, рад/с	272	176,8
2	Статический момент массы дебалансов, кг·см	142	400; 320; 256; 205
3	Амплитуда возмущающей силы, кН	105	125; 100; 80; 64
4	Масса вибровозбудителя, кг	128	148
5	$Q/m_e$ , кН/кг	0,82	0,844

По соотношению  $Q/m_e$  высокочастотные ротационные вибровозбудители колебаний имеют несколько меньшие показатели в сравнении с вибровозбудителями колебаний с дебалансными валами. Однако они менее трудоемки и дешевле в изготовлении.

На рис. 6 показана фотография ротационного высокочастотного вибровозбудителя колебаний, который используется на виброплощадке с пространственными колебаниями грузоподъемностью 15 тонн.



Рисунок 6 –Высокочастотный ВР1-272-105 вибровозбудитель колебаний

**Выводы.** На основании проведенных исследований разработаны высокоэффективные и надежные в работе дебалансные и ротационные вибровозбудители колебаний на виброплощадки с горизонтально направленными и пространственными колебаниями, предназначенные для формирования бетонных и железобетонных изделий из пластичных и жестких цементобетонных смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Іткін О.Ф., Маслов О.Г. Вібраційна площадка для ущільнення цементобетонної суміші у формі. Деклараційний патент на корисну модель № 12116, Бюл. №1, 2006.
2. Іткін О.Ф., Маслов О.Г. Вібраційна площадка для ущільнення цементобетонної суміші у формі. Деклараційний патент на корисну модель № 12117, Бюл. №1, 2006.
3. Фомин М.В. Расчеты опор с подшипниками качения. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2005. – 75 с.
4. Іткін. О.Ф., Маслов О.Г. Вібробуджувач коливань. Деклараційний патент на корисну модель № 14707, Бюл. № 5, 2006.

Статья поступила 06.09.2007 г.  
Рекомендована к печати д.т.н., проф.  
Солтусом А.П.