

УДК 624.04 (075)

Иткин А.Ф.¹

РАЗРАБОТКА ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ МНОГОПУСТОТНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРЫТИЯ

АНОТАЦІЯ. *Описані конструкція і принцип дії вібраційної установки, призначеної для формування багатопустотних панелей перекриття і забезпеченою вібраційними пустотоутворювачами. Кожен пустотоутворювач виконано у вигляді порожнистої штанги, на кінці якої змонтовано віброзбуджувач горизонтальних коливань. Наведено теоретичні дослідження динамічної системи вібраційних пустотоутворювачів. Визначено закон руху і раціональні параметри вібраційних пустотоутворювачів.*

Ключові слова: *вібраційні пустотоутворювачі, закон руху, панелі перекриття, бетонна суміш.*

SUMMARY. *The design and principle of operation of the vibration installation intended for the molding of hollow-core slabs and is provided with a vibrating cavities. Each recess unit is made in the form of a hollow rod at the end of which is mounted a horizontal exciter of vibrations. Theoretical studies of the dynamic vibration system of cavities. Defined the law of motion and rational parameters of vibration of the cavities.*

Keywords: *vibrating cavities, the law of motion, the floor slabs, the concrete mix.*

Введение. При стендовом формировании многопустотных панелей перекрытий, в комплект уплотняющих машин, наряду с вибрационной площадкой, входят вибрационные пустотообразователи и пригруз, или вибрационные пустотообразователи и вибрационный пригруз [1, 2]. Этот состав определяется типом изделия, технологией изготовления, жесткостью смеси и интенсивностью вибрационного воздействия, развиваемого вибрационной площадкой.

При использовании виброплощадки с продольно-вертикальными колебаниями, которая обеспечивает интенсивное вибрационное воздействие на бетонную смесь, как в продольном, так и в вертикальном направлениях, формирование многопустотных панелей перекрытий можно осуществлять несколькими способами:

- в форму с предварительно напряженной арматурой вводят вибрационные пустотообразователи и ее заполняют цементобетонной смесью; периодически включают виброплощадку и вибрационные пустотообразователи и производят предварительное уплотнение цементобетонной смеси до ее полного разравнивания; на поверхность уплотняемого изделия устанавливают пригруз, последовательно включают виброплощадку и вибрационные пустотообразователи до полного уплотнения цементобетонной смеси и затем в таком же порядке их выключают; выводят вибрационные пустотообразователи и снимают пригруз;

- при одновременном использовании вибрационных пустотообразователей и вибрационного пригруза, последний включают на заключительной стадии процесса уплотнения при выключенных виброплощадке и вибрационных пустотообразователях.

Вибрационные пустотообразователи и вибрационные пригрузки, как правило, используются в массовом производстве. Поэтому они должны обеспечивать экономическую эффективность, высокое качество формирования изделий и точность их геометрических размеров (в соответствии с действующими стандартами), высокую производительность и высокую требовательность к отделке поверхности изделий.

Однако, в настоящее время отсутствуют научно обоснованные методы расчетов основных параметров вибрационных пустотообразователей, что не позволяет определить их рациональные параметры и режимы вибрационного воздействия в зависимости от физико-механических характеристик уплотняемых цементобетонных смесей и геометрических размеров формуемых изделий.

Вибрационные пустотообразователи, используемые при формировании длинномерных изделий, оборудованные вибровозбудителями поперечных колебаний [3], не обеспечивают равномерного воздействия по всей длине формуемого изделия. Это отрицательно сказывается на качестве формуемых изделий. Наиболее технологичными, обеспечивающими равномерное вибрационное воздействие на формуемое бетонное изделие по всей его длине являются разработанные в КрНУ вибрационные пустотообразователи, снабженные вибровозбудителями продольных колебаний [4].

Цель и задачи исследования. Целью настоящих исследований является обоснование рациональных параметров и исследование вынужденных колебаний вибрационных пустотообразователей, снабженных вибровозбудителями горизонтально направленных колебаний.

Изложение основного материала. Установка для формирования многопустотных плит перекрытий состоит (Рис.1) из виброплощадки 1, формы 2, тяговой тележки 3 и вибрационных пустотообразователей, каждый из которых выполнен в виде полой штанги 4 с опорной плитой 5, на которой жестко закреплена П – образная траверса 6 и установлен вибровозбудитель горизонтальных колебаний 7. На П – образной траверсе 6 жестко закреплена тяга 8, которая при помощи упругой подвески 9 и пальца 10 связана с тяговой тележкой 3.

Для повышения эффективности уплотнения и качества поверхности формуемых изделий используется пригруз 11, который устанавливается на поверхности изделия на заключительной стадии процесса уплотнения.

14 ¹ Иткин А.Ф., докт.техн.наук, доцент.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского.

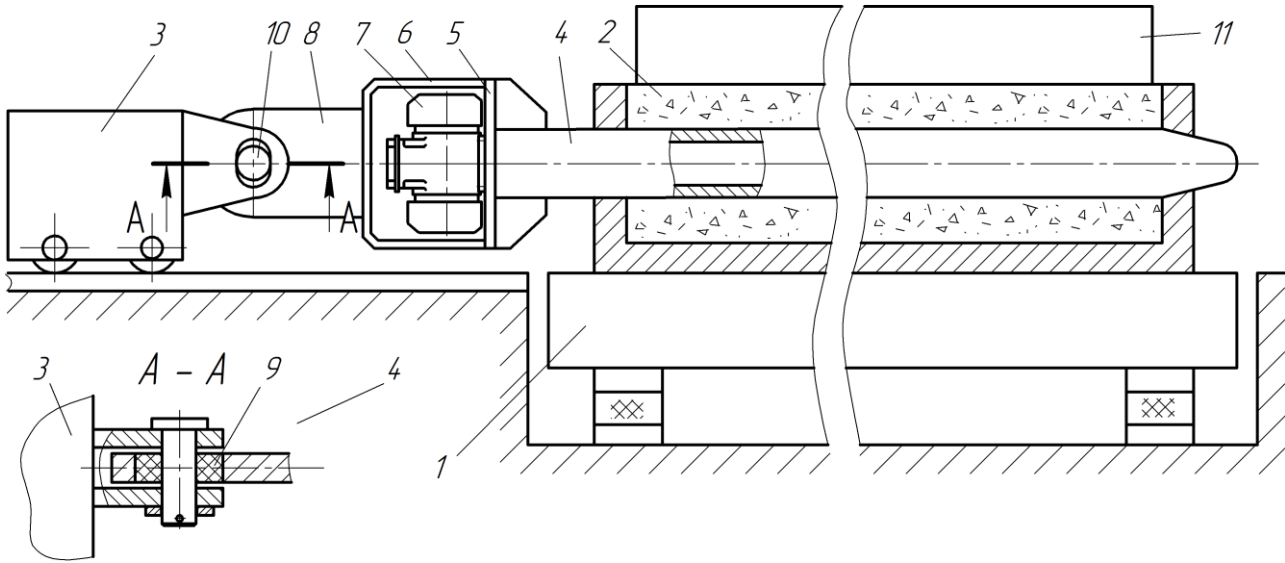


Рисунок 1. Схема установки для формования многопустотных панелей перекрытий с пригрузом.

Для определения закона движения и основных параметров вибрационных пустотообразователей исследуем представленную динамическую систему, на которую действует возмущение в виде горизонтально направленной гармонической силы $Q \sin \omega t$. При этом получу штангу, взаимодействующую с цементобетонной смесью, представим в виде жесткого тела. Тогда дифференциальное уравнение движения полой штанги в направлении координаты X за время t будет иметь вид

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + cx = Q \sin \omega t, \quad (1)$$

где m – масса вибрационного пустотообразователя; x – перемещение вибрационного пустотообразователя по координатной оси X , направленной вдоль полой штанги; b – суммарный коэффициент неупругого сопротивления перемещению вибрационного пустотообразователя; c – суммарный коэффициент упругого сопротивления перемещению вибрационного пустотообразователя; Q – амплитуда возмущающей силы вибровозбудителя колебаний ω – угловая частота вынужденных колебаний.

Суммарный коэффициент упругого сопротивления перемещению вибрационного пустотообразователя c найдем из следующей зависимости:

$$c = c_1 + c_2, \quad (2)$$

где c_1 – коэффициент жесткости упругой подвески в горизонтальном направлении; c_2 – коэффициент конструктивной жесткости заднего торца формы.

Суммарный коэффициент неупругого сопротивления перемещению вибрационного пустотообразователя b найдем из следующей зависимости:

$$b = b_1 + b_2 + b_3, \quad (3)$$

где b_1 – коэффициент неупругого сопротивления передней опоры,

$$b_1 = b_{11} + b_{12}; \quad (4)$$

b_{11} – коэффициент неупругого сопротивления упругой подвески; b_{12} – эквивалентный коэффициент сопротивления, учитывающий трение штанги о передний торец формы;

b_2 – коэффициент эквивалентного коэффициента сопротивления заднего торца формы;

b_3 – эквивалентный коэффициент сопротивления, учитывающий трение цементобетонной смеси на поверхности полой штанги пустотообразователя; конструктивной жесткости заднего торца формы.

Эквивалентный коэффициент сопротивления b_3 , учитывающий трение цементобетонной смеси на поверхности полой штанги пустотообразователя, определится по методу линеаризации сил кулонового трения [5]:

– без учета силы давления пригруза

$$b_3 = \frac{4Ld_n h_{cp} \rho g f_{mpl}}{\pi A_{cp} \omega}; \quad (5)$$

– с учетом силы давления пригруза

$$b_3 = \frac{4Ld_n g (h_{cp} \rho + q) f_{mpl}}{\pi A_{cp} \omega}, \quad (6)$$

где d_n – наружный диаметр полой штанги;

h_{cp} – средняя толщина слоя цементобетонной смеси, расположенного над полой штангой;

q – удельное давление пригруза;

f_{mp1} – коэффициент трения полой штанги о цементобетонную смесь, определяемый из таблицы [6];

L – длина штанги;

ρ – плотность материала штанги.

Эквивалентные коэффициенты сопротивления, учитывающие трение штанги о передний торец b_{12} и задний торец b_2 формы, также определяются по методу линеаризации сил кулонового трения [5]:

$$b_{12} = \frac{4R_1 f_{mp2}}{\pi A_{cp} \omega}; \quad (7)$$

$$b_2 = \frac{4R_2 f_{mp2}}{\pi A_{cp} \omega}, \quad (8)$$

где R_1 и R_2 – реакции в передней и задней опорах формы от действия полой штанги.

Используя методы классической теории колебаний, представим решение уравнения (1) в следующем виде:

$$x = A \sin(\omega t - \varphi), \quad (9)$$

где A – амплитуда вынужденных колебаний вибрационного пустотообразователя;

φ – угол сдвига фаз между амплитудой возмущающей силы и амплитудой перемещений вибрационного пустотообразователя;

$$A = \frac{Q}{\sqrt{(c - m\omega^2)^2 + b^2\omega^2}}; \quad (10)$$

$$\varphi = \arctg \frac{b\omega}{c - m\omega^2}. \quad (11)$$

Полученное выражение (9) описывает закон движения вибрационных пустотообразователей в направлении координаты x в зависимости от частоты ω и амплитуды возмущающей силы Q , физико-механических характеристик пустотообразователей, упругой подвески и уплотняемой смеси, расстояния между торцевыми стенками L .

На основании проведенных исследований были разработаны пустотообразователи для формования многопустотных плит длиной 9 м, со следующими основными параметрами: общая масса пустотообразователя – 200 кг; масса оголовка $m_1=30$ кг; наружный диаметр пустотообразователя $d_n=159$ мм внутренний диаметр пустотообразователя $d_{вн}=147$ мм; амплитуда возмущающей силы вибровозбудителя колебаний $Q=6000$ Н.

Было установлено, что при использовании вибрационной площадки с горизонтально направленными колебаниями рекомендуется использовать пригруз с удельным давлением $q=1-2$ кПа, а для вибрационных площадок с вертикально направленными колебаниями пригруз с удельным давлением $q=3-4$ кПа.

Выводы

В результате проведенных исследований разработаны высокоэффективные вибрационные пустотообразователи для формования многопустотных панелей перекрытия из жестких бетонных смесей.

Полученные теоретические зависимости позволяют определить рациональные параметры вибрационных пустотообразователей зависимости от физико-механических характеристик формируемой смеси и пригруза, а также физико-механических характеристик упругого и неупругого сопротивления в опорах пустотообразователя. Использование предлагаемого вибрационного пустотообразователя позволит повысить производительность, уменьшить установленную мощность привода и снизить энергоемкость процесса формирования бетонных изделий из жестких бетонных смесей.

Литература

1. Кромской Е.И. Пустотообразователь. А.С. СССР № 1000279 / Е.И. Кромской // Б.И. № 8, 1983.
2. Копша С.П. Технология безопалучного формования – ключ к модернизации промышленности и снижения себестоимости жилья / С.П. Копша, В.А. Заикин // Технологии бетонов, № 11, 2013. – С. 29 – 33.
3. Машины и оборудование для производства сборного железобетона. Каталог – справочник. – М: ЦНИИТЭ-строймаш, 1979. – 256 с.
4. Морозов М.К. Механическое оборудование заводов сборного железобетона / М.К. Морозов. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1986. – 311 с.
5. Прочность, устойчивость, колебания. - Справочник. Т.3./Под ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко. - М.: Машиностроение, 1968. - 568 с.
6. Маслов А.Г. Исследование режима работы вибрационных пустотообразователей для формования многопустотных панелей перекрытия / А.Г. Маслов, А.Ф. Иткин // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. Випуск 16, 2005. – С.142 – 147.