

**ПАТЕНТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И РАСШИРЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНО-СМЕСИТЕЛЬНЫХ МАШИН В АСПЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

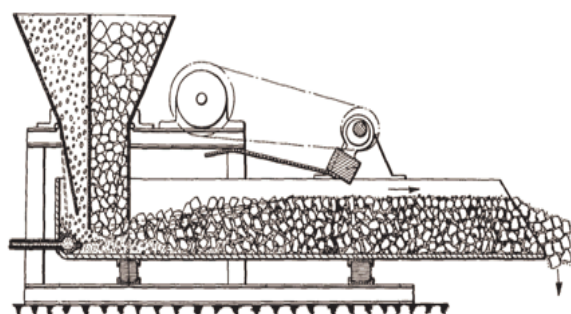
*В современном производстве бетонных и цементобетонных смесей особую актуальность приобретают анализ, изучение и освоение перспективных технологических процессов в аспекте улучшения качестваготавливаемых смесей и их свойств. Еще в 30-е годы прошлого столетия получил известность способ вибрационного перемешивания, который является предметом изучения и технологико-конструктивного совершенствования по настоящее время.*

*Представленный в данной статье патентно-информационный анализ вибрационного перемешивания позволяет пересмотреть уже сложившиеся научно-технические взгляды и технологические решения в новом представлении данного процесса и выделить перспективные направления в проектировании и создании новых оптимальных конструкций вибробетоносмесителей, позволяющих в целом добиться качественной интенсификации процесса смесеобразования.*

**Ключевые слова:** бетоносмеситель, активация, механическая активация, интенсификация, процессы перемешивания, вибрация, вибрационное перемешивание, аналитический обзор, информационный анализ, патент, патентный анализ, бетонная смесь.

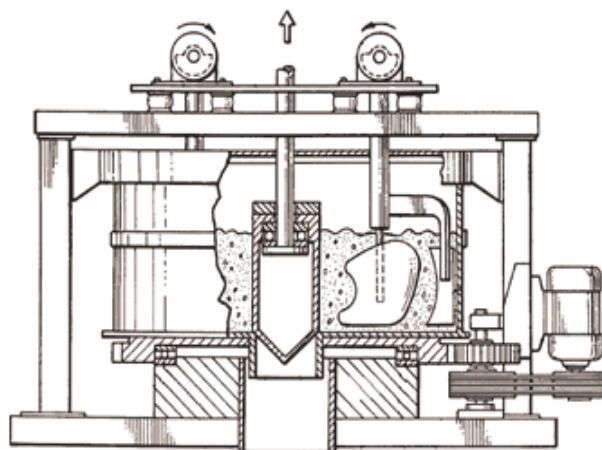
В работах советских и российских авторов известны разнообразные конструкции вибрационных смесителей, наиболее подробное описание которых дано в научных трудах А.Е. Десова, К.М. Королева, Г.Я. Кунноса, В.А. Кузьмичева, И.М. Ефремова, В.П. Баторшина, А.А. Серебrenникова и других [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Анализ данных работ и литературных источников показывает, что, несмотря на все разнообразие конструктивных особенностей и способов перемешивания, применяемых в вибрационных смесителях, их принято классифицировать по двум принципам действия – циклическому и непрерывному, и по трем основным группам.

Первая группа (рис. 1) – вибрационные смесители, в которых процесс смешивания осуществляется за счет самоциркуляции смеси, возникающей в результате колебаний корпуса или каркаса.



**Рис. 1. Вибрационный смеситель первой классификационной группы конструкции Ханса Вальдвогеля (США, 1953 г.).**

Вторая группа (рис. 2) – смесители принудительного действия с вибрацией, в которых принудительное перемешивание сочетается с вибрационным воздействием.



**Рис. 2. Вибрационный смеситель второй классификационной группы конструкции Ишивата Шузуке и др. (Япония, 1979 г.).**

Третья группа (рис. 3) – смесители гравитационного действия с вибрацией, в которых происходит перемешивание смеси за счет гравитационных сил с одновременным вибрационным воздействием.

Однако далее мнения авторов относительно более-менее точного определения подклассов вибробетоносмесителей с учетом перспективы появления новых конструкций, а так же принципа применимости новых технологий, разделяются. В этом случае данные классификации не позволяют дать представление обо всей полноте конструктивного разнообразия вибробетоносмесителей, в особенности в аспекте временного критерия, поэтому нами был проведен тщательный патентный поиск.

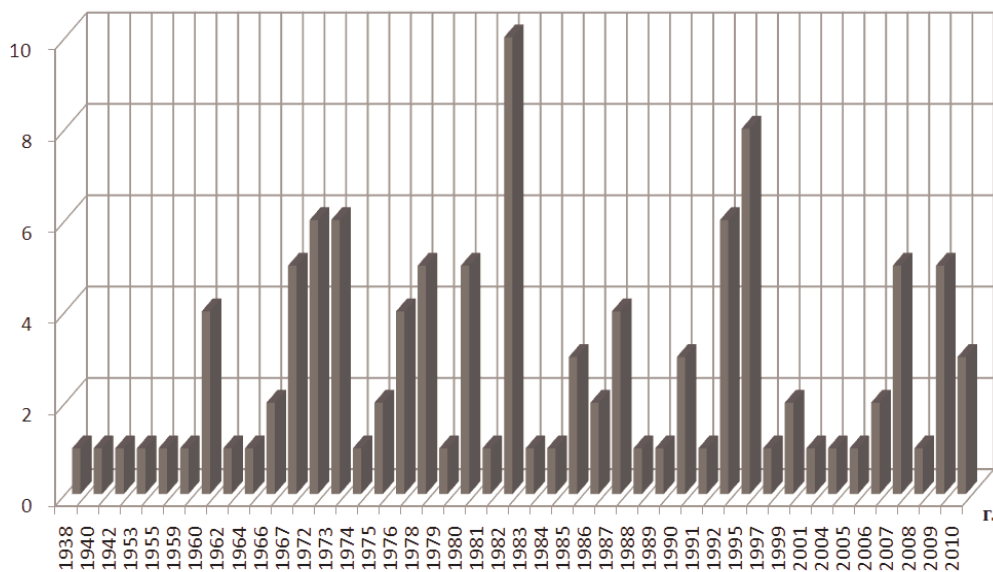


**Рис. 3. Вибрационный смеситель третьей классификационной группы конструкции Ральфа Франка Лорда (США, 1972 г.).**

Патентно-лицензионный поиск проводился с помощью Internet в базах данных патентных ведомств США [9, 10], Германии [11], Европейского патентного ведомства [12], Японии [13], международных патентных заявок [14] и патентного ведомства России «ФГУ ФИПС» [15] по ключе-

вым в различной логической совокупности словам «вибратор», «вибрационный», «смеситель», «бетон», «вибробетоносмеситель», «vibrator», «vibratory», «mixer», «concrete», «mischer», «betonmischer», «beton» и по основным классам МПК (МКИ): B01F11/00, B28C5/18 и B28C5/00 в период с 1937 по 2010 гг. При этом отбор патентной информации проводился по критерию использования или возможной применимости конструкций в области вибрационного перемешивания бетонных смесей. Патентный поиск по данным ключевым запросам позволил выявить 113 патентов различных стран мира, в которых обнаружилось более 120 различных конструкций вибробетоносмесительных машин. Динамика патентования вибробетоносмесителей, распределение найденных патентов по странам, а также их количественное и процентное соотношение по трем основным групповым признакам и конструктивной вариативности приводов вибровозбудителей к общему объему найденных конструкций представлены на диаграммах (рис. 4 – 7).

**Количество патентов**



**Рис. 4. Динамика патентования вибробетоносмесителей.**

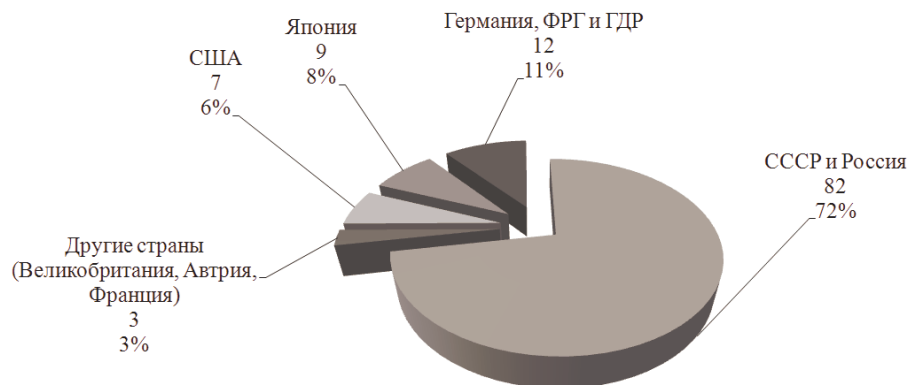


Рис. 5. Количественное распределение найденных патентов по странам.

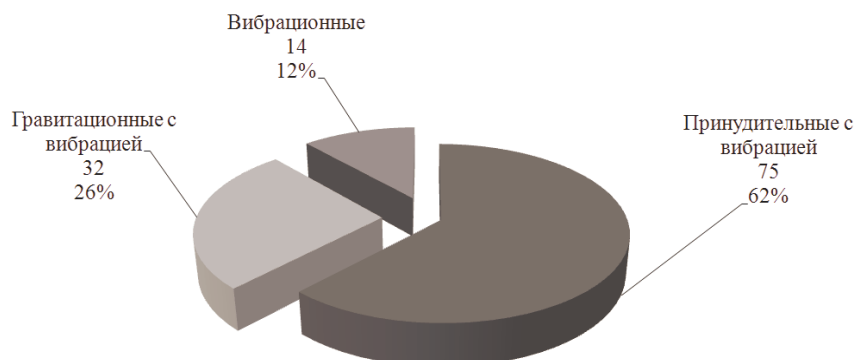


Рис. 6. Количественное распределение конструкций вибробетоносмесителей по трем основным групповым признакам.

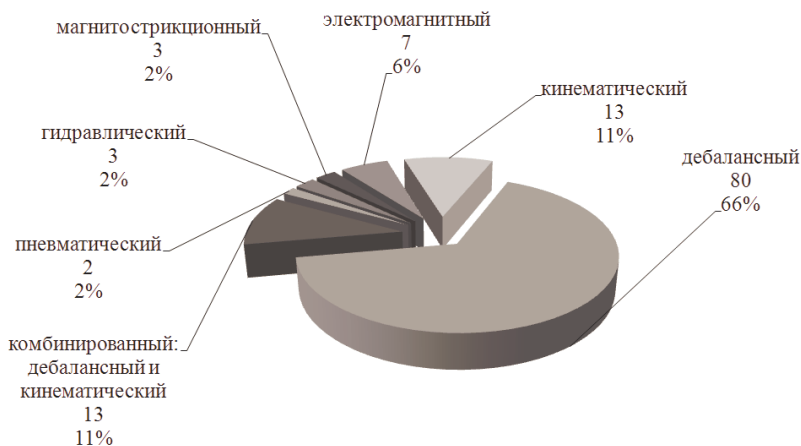


Рис. 7. Количественное распределение по типу вибровозбудителей.

Анализ диаграмм позволяет обнаружить, что преобладающее большинство конструкций вибробетоносмесителей соответствует второму основному классификационному признаку – вибробетоносмесителям принудительного перемешивания с дебалансными вибровозбудителями. Предпочтение вибробетоносмесителям принудительного перемешивания обусловлено их наиболее расширенной и адаптивной применимостью в производстве бетонных смесей, а популярность использования инерционных (дебалансных) вибровозбудителей объясняется тем, что такие вибровозбудители наиболее просты в конструктивном исполнении,

проверены временем и надежны в работе. Однако инерционные вибровозбудители обладают двумя недостатками с точки зрения использования их в смесителях: зависимостью амплитуды колебаний от вязкого и упругого сопротивления среды, что отражается на интенсивности процесса смешивания, и необходимостью проектирования виброизолирующих устройств [8].

Общий анализ патентно-информационного и литературного исследования показывает, что начиная с 1937 года, года появления вибробетоносмесителя конструкции А.Е. Десова [16] (рис. 8), который первым предложил метод вибрационного

перемешивания для приготовления жестких бетонных смесей как наиболее эффективный способ смесеобразования, авторы различных конструкций вибробетоносмесителей, с одной стороны, ставили своей задачей максимально использовать вибрационные воздействия на смесь, а с другой стороны, снизить уровень воздействия вибрации на человека и внешнюю среду. В настоящее время, следуя данным критериям, наиболее совершенную конструкцию (рис. 9), которая позволяет эффективно и качественно интенсифицировать процесс смешивания и относится к смесителям принудительного перемешивания с инерционным вибровозбудителем, предложили японские конструкторы [17].

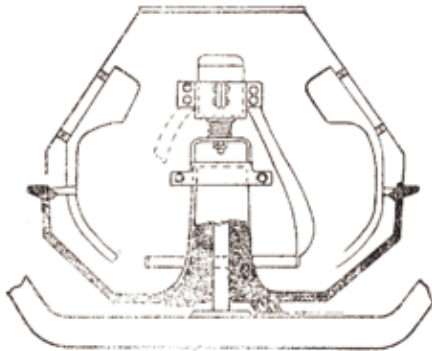


Рис. 8. Вибробетоносмеситель конструкции А.Е. Десова (СССР, 1937 г.).

При этом патентный анализ позволил выявить малозаметную с первого взгляда конструктивную особенность некоторых вибробетоносмесителей, удовлетворяющую основным критериям виброзащиты объекта, а следовательно, и новый признак их классификации: конструктивное наличие колеблющихся оболочных элементов, и тем самым по данному признаку разделить вибробетоносмесители на два типа – безоболочные и оболочные.

Патентное исследование позволило дать расширенное представление об истории создания, появления и конструкциях оболочных вибробетоносмесителей. Так, например, одной из первых конструкций оболочных вибробетоносмесителей является вибрационный смеситель К.О. Егера и других (рис. 10), корпус которого имеет упругое дно, выполненное из эластичного материала. Не меньший интерес представляет гравитационный вибрационный смеситель конструкции Герхарда Хаделмайера (рис. 11), вибратор которого выполнен в виде оболочки из восьми упругих пластин и имеет гидравлический привод. Интересен также вибробетоносмеситель, предложенный в Японии (рис. 12), который по конструктивным признакам близок к вибрационному смесителю К.О. Егера (рис. 10).

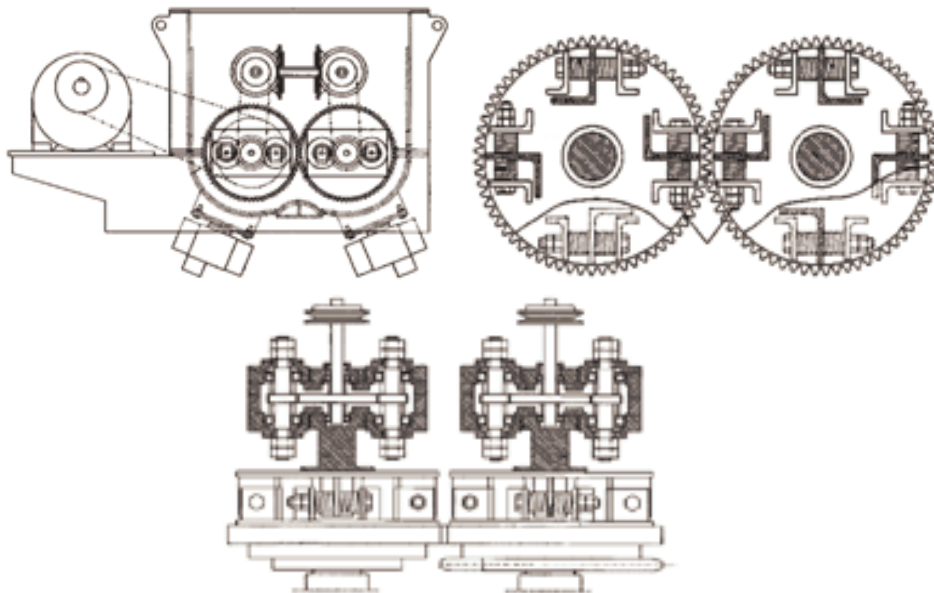


Рис. 9. Вибробетоносмеситель конструкции Йошида Мотоаки и др. (Япония, 2007 г.).

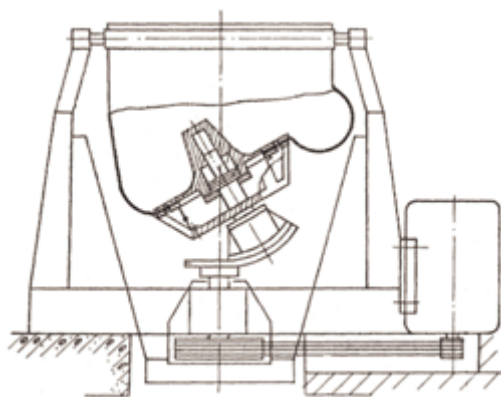


Рис. 10. Вибросмеситель конструкции К.О. Егера и др. (СССР, 1978 г.).

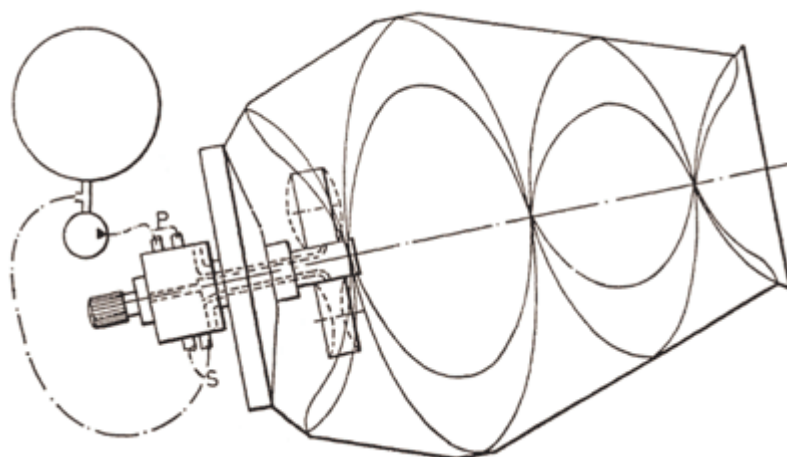


Рис. 11. Вибробетоносмеситель конструкции Герхарда Хаделмайера (ФРГ, 1984 г.).

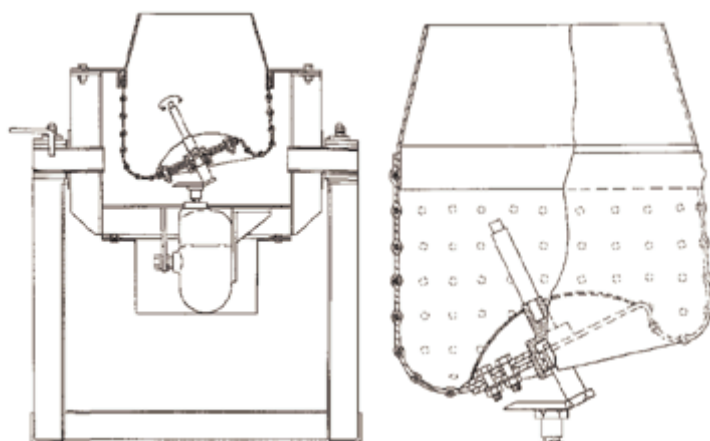


Рис. 12. Вибросмеситель конструкции Масами Кувана (Япония, 1997 г.).

Из всего числа найденных оболочных вибросмесителей наибольший интерес представляют три конструкции вибробетоносмесителей последнего поколения с различными системами вибровозбуждения (рис. 13 – 15), разработанные в настоящее время в Братском государственном университете на кафедре «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», которые относятся к смесителям периодического действия и могут быть использованы в промышленности строительных материалов, в строительстве

и других областях строительной индустрии для производства полидисперсных материалов. В конструкции первого из них наличествует гофрированная осесимметричная оболочка – сильфон (рис. 13), во втором колеблющаяся оболочка вибратора выполнена в виде набора тарельчатых пружин с резиновыми амортизаторами (рис. 14), в третьем присутствует толстостенная цилиндрическая оболочка, выполненная в виде трубы, излучающей высокочастотные колебания (рис. 15).

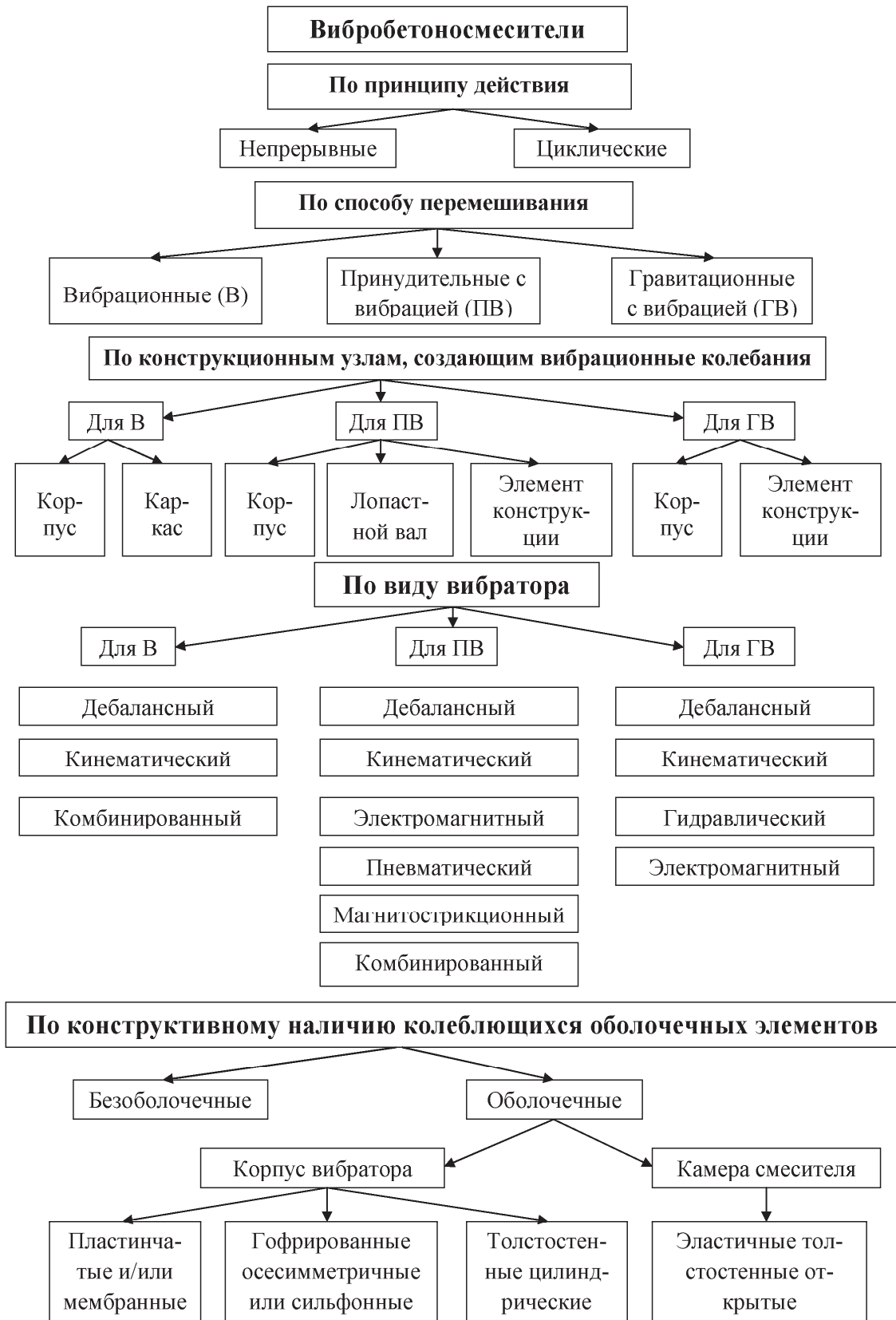
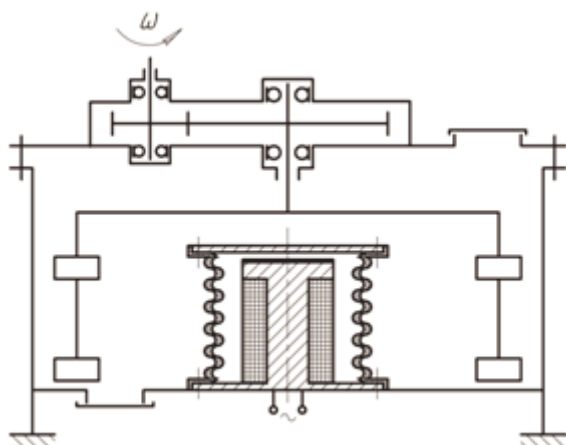
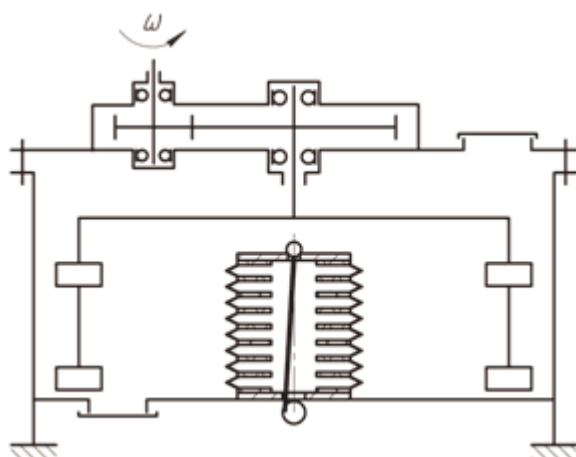


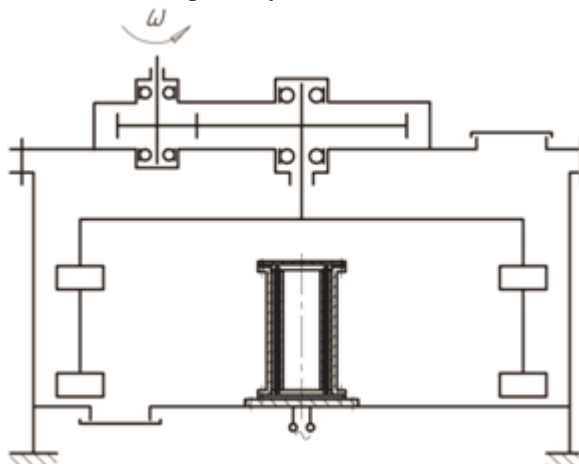
Рис. 16. Расширенная классификация вибробетоносмесительных машин.



**Рис. 13. Схема роторно-вибрационного смесителя с электромеханической системой вибровозбуждения.**



**Рис. 14. Схема роторно-вибрационного смесителя с механической системой вибровозбуждения.**



**Рис. 15. Схема роторно-вибрационного смесителя с кольцевым магнестрикционным преобразователем.**

Патентно-информационный анализ позволил выявить новые механизмы, интересные в аспекте конструирования вибросмесительных машин, и

составить расширенную классификацию вибробетоносмесителей (рис. 16). Данная классификация позволяет говорить о выявлении принципиально нового признака, дающего точное определение подклассам вибробетоносмесительных машин, и дополнить представление об их конструктивном разнообразии, а также прогнозировать конструктивные новшества для вибробетоносмесителей следующего поколения.

В целом, несмотря на достаточно продолжительную историю изучения процессов виброперемешивания вообще и воздействия вибрации на бетонные смеси в частности, данный метод не потерял своей актуальности в настоящее время, а конструкции многих авторов несут в себе бесценный опыт, позволяющий обеспечить перспективу конструирования смесителей нового поколения в попытке создания более совершенных вибробетоносмесителей с целью улучшения качества приготавливаемых смесей.

#### Литература

1. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: справочник под ред. В.А. Баумана. М.: Машиностроение, 1970. 548 с.
2. Королев К.М. Современное бетоносмесительное оборудование и опыт его эксплуатации. М.: ЦНИИТЭСтроймаш, 1978. 59 с.
3. Королев К.М., Аракельянц М.М. Вибрационные смесители для приготовления бетонных и растворных смесей. М.: Стройиздат, 1961. 55 с.
4. Куннос Г.Я., Скудра А.М. Теория и практика вибросмешивания бетонных смесей. Рига: Изд-во АН Латв. ССР, 1962. 216 с.
5. Кузьмичев В.А. Методы моделирования и проектирования вибрационных смесительных машин : автореф. дис. д-ра. техн. наук. Л., 1989 32 с.
6. Ефремов И.М. Интенсификация процесса и выбор параметров роторно-вибрационного смесителя : дис. ... канд. техн. наук. Л., 1985. 250 с.
7. Баторшин В.П. Рабочие процессы и выбор параметров вибрационных смесителей : дис. ... канд. техн. наук. Л., 1984. 264с.
8. Серебренников А.А. Рабочие процессы и методы проектирования смесительных машин с эксцентриковыми уравновешенными вибровозбудителями : дис. ... д-ра. техн. наук. Тюмень, 2001. 353 с.
9. База данных Google патентов США [Электронный ресурс] URL: <http://www.google.com/patents> (дата обращения :23.03. 2011 ).
10. База данных патентного ведомства США [Электронный ресурс] URL: <http://www.freepatentsonline.com> (дата обращения: 01.03. 2011).

11. База данных патентного ведомства Германии [Электронный ресурс] URL: <http://depatisnet.dpma.de> (дата обращения: 10.03.2001).

12. База данных Европейского патентного ведомства [Электронный ресурс] URL: <http://ep.espacenet.com> (дата обращения: 12.03.2011).

13. База данных патентного ведомства Японии [Электронный ресурс] URL: [http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg\\_e.ipdl](http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg_e.ipdl) (дата обращения: 06.03.2011).

14. База данных международных патентных заявок [Электронный ресурс] URL: <http://www.wipo.int> (дата обращения: 12.03.2011).

15. База данных патентного ведомства России «ФГУ ФИПС» [Электронный ресурс] URL: <http://www1.fips.ru> (01.03.2011).

16. Бетономешалка: а.с. 52637 СССР. № 186395; заявл. 08.02.36; опублик. 28.02.38.

17. Concrete mixer: Japan Patent Application 2007054959 JP. № 20050239325; Pr. d. 08.22.05; Pub. 08.03.07.

УДК 621.225.2.001.24

*Д.Ю. Кобзов\*, В.В. Жмуров, И.О. Кобзова*

### ВАРИАНТЫ РАСЧЕТА ПРОДОЛЬНОГО ПРОГИБА ГИДРОЦИЛИНДРА

С целью повышения достоверности оценки прогиба гидроцилиндра в результате его продольного нагружения рассматриваются различные варианты учета конструктивных особенностей гидроцилиндра при расчете основных характеристик прогиба.

**Ключевые слова:** гидроцилиндр, деформация, прогиб.

Известно [1, 2], что суммарный прогиб  $y_T(x)$  гидроцилиндра в результате его продольно-поперечного нагружения (Рис. 1а) можно представить уравнением

$$EI y_T''(x) = -M_Q(x) - M_R(x) - P y_T(x) - P e(x) \quad (1)$$

С учетом выражения для определения полного прогиба гидроцилиндра [3]

$$\begin{aligned} y_T(x) &= y_\alpha(x) + y_\beta(x) + y_\gamma(x) + y_\delta(x) + \\ &+ y_Q(x) + y_R(x) + y_P(x) = \\ &= y_{T0}(x) + y_P(x), \end{aligned} \quad (2)$$

принимая во внимание, что  $EI y_Q''(x) = -M_Q(x)$  и  $EI y_R''(x) = -M_R(x)$ , а  $EI y_\alpha''(x) = 0$ ,  $EI y_\beta''(x) = 0$ ,  $EI y_\gamma''(x) = 0$  и  $EI y_\delta''(x) = 0$ , после введения коэффициента  $k^2 = P(EI)^{-1}$ , окончательно запишем дифференциальное уравнение (1) относительно прогиба  $y_P(x)$  гидроцилиндра в результате его продольного нагружения в виде:

$$\begin{aligned} &y_P''(x) + k^2 y_P(x) = \\ &= -k^2 [y_\alpha(x) + y_\beta(x) + y_\gamma(x) + y_Q(x) + y_R(x) + e(x)] \quad (3) \end{aligned}$$

Здесь  $y_{T0}(x)$  – прогиб гидроцилиндра до приложения продольного сжимающего усилия (рис. 1б), а  $EI$  – жесткость конкретного его участка (рис. 1б).

Согласно рисунку 1б, гидроцилиндр в соответствии со значениями жесткости его частей, по аналогии с известными работами [4, 5], может быть разбит на три участка. Границы первого участка с жесткостью  $EJ_1$  характеризуются абсцис-

сами 0 и  $(l_0 + z)$ . Граница последнего участка с жесткостью  $EJ_3$  определяется как разность  $\{[l_3 + (l_0 + z)] - (l_1 + l_2)\}$ . Второй же участок с общей жесткостью  $EJ_2$  из-за наличия зазоров в подвижных герметизируемых сопряжениях гидроцилиндра [4] имеет точку пересечения кривых изогнутых осей элементов гидроцилиндра (рис. 1б) и описывается различными уравнениями [5-10], в связи с чем он должен быть разбит на два участка: справа – второй, слева, соответственно, третий. При этом граница второго с третьим, согласно рис. 1б, должна определяться абсциссой  $[(l_0 + z) + l_{T0}]$ . Другими словами, исследование характеристик прогиба  $y_P(x)$  должно предусматривать рассмотрение следующих участков гидроцилиндра:

– первый участок –  $0 \leq x \leq (l_0 + z)$ , жесткость  $EJ_1$ ;

– второй участок –  $(l_0 + z) \leq x \leq [(l_0 + z) + l_{T0}]$ , жесткость  $EJ_2$ ;

– третий участок –  $[(l_0 + z) + l_{T0}] \leq x \leq (l_1 + l_2)$ , жесткость  $EJ_2$ ;

– четвертый участок –  $(l_1 + l_2) \leq x \leq [(l_0 + z) + l_3]$ , жесткость  $EJ_3$ .

Вид зависимостей для нахождения прогибов  $y_\alpha(x)$ ,  $y_\beta(x)$ ,  $y_\gamma(x)$ ,  $y_\delta(x)$ ,  $y_Q(x)$ ,  $y_R(x)$  и эксцентриситета  $e(x)$  [6, 8] позволяет представить правую часть уравнения (3) полиномом четвертой степени:

$$y_P''(x) + k^2 y_P(x) = R_4 x^4 + S_3 x^3 + T_2 x^2 + U_1 x + V_0$$

\* - автор, с которым следует вести переписку.