



УДК 693.95(075.8)

Ю.С. Саленко, докт.техн.наук, доцент

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

## РАЗРАБОТКА БЕТНОСМЕСИТЕЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ С ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ КОЛЕБАНИЯМИ СМЕСИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА

**АНОТАЦІЯ.** Описано конструкція і принцип дії бетонозмішувача примусової дії з осцилюючими коливаннями змішувального барабана. Складено рівняння крутильних коливань змішувального барабана і визначена закономірність його осцилюючого руху. Запропонована конструкція бетонозмішувачів дозволяє підвищити продуктивність, зменшити металоємність і встановлену потужність електроприводу, знизити енергоємність процесу приготування сумішей.

**Ключові слова:** бетонозмішувач, конструкція, осцилюючі коливання.

**SUMMARY.** The design and principle of operation of a forced action mixer with oscillating vibrations of the mixing drum. The equations of torsional vibrations of the mixing drum and determined the pattern of its oscillating movement. The proposed design of concrete mixers can improve performance, reduce metal consumption and installed capacity of the drive, to reduce the energy intensity of the process of preparing mixtures.

**Keywords:** concrete mixer, construction, oscillating vibrations.

**Введение.** Бетоносмесители принудительного действия широко используются для приготовления бетонных смесей и растворов. Для этих целей используются роторные [1], одновальные [2, 3] и двухвальные бетоносмесители принудительного действия [4]. Одновальные бетоносмесители принудительного действия [2], предназначены для приготовления пластичных и жестких цементобетонных смесей, бетонов с легким заполнителем и строительных растворов. Эти смесители сочетает в себе высокую эффективность приготовления бетонных смесей и в сравнении с роторными [1] и двухвальными [4] бетоносмесителями отличаются простотой конструктивного исполнения. Имеют сравнительно небольшую металлоемкость. Энергоемкость разработанных одновальных бетоносмесителей принудительного действия [2] отвечает требованиям ГОСТ 16349-85 [5] и находится ниже уровня энергоемкости двухвальных бетоносмесителей принудительного действия на 30 – 40%. Дальнейшего снижения энергоемкости и упрощения конструкции одновальных смесителей принудительного действия [2], предназначенных для приготовления жестких и сверхжестких бетонных смесей, можно достичь путем внедрения в технологический процесс перемешивания вибрационного воздействия на бетонную смесь, создаваемого осциллирующими колебаниями смесительного барабана.

**Цель и задачи исследования.** Целью настоящей работы является разработка нового типа бетоносмесителей с крутильными (осциллирующими) колебаниями смесительного, обеспечивающими высокоэффективное приготовление бетонных смесей с низкой энергоемкостью.

**Изложение основного материала.** На рис. 1 и 2 представлен общий вид вибромеханического бетоносмесителя с осциллирующими колебаниями. Он состоит из смесительного барабана 1 с загрузочным 2 люком и выгрузочным отверстием, закрытым заслонкой 3. Внутри смесительного барабана расположен лопастной вал 4, опирающийся на подшипниковые опоры 5, которые закреплены на внешних торцевых стенках барабана. Лопастной вал 4 снабжен периферийными и центральными лопастями. Периферийные лопасти состоят из стоек 6, на которых закреплены периферийные лопатки 7, а центральные лопасти состоят из стоек 8 и центральных лопаток 9. Периферийные и центральные лопасти закреплены на лопастном валу резьбовым соединением 10. Рабочие поверхности периферийных лопаток 7 имеют наклон к плоскости, параллельной оси вала,

равный  $\alpha = 30 \dots 40^\circ$ , а центральные лопасти 9 имеют наклон к плоскости, параллельной оси вала, равный  $\beta = 120 \dots 130^\circ$ . В результате образовано две прерывистые винтовые линии: одна из периферийных лопаток 7 для перемещения смеси в зону выгрузки, а другая из центральных лопаток 9 для перемещения смеси обратном направлении.

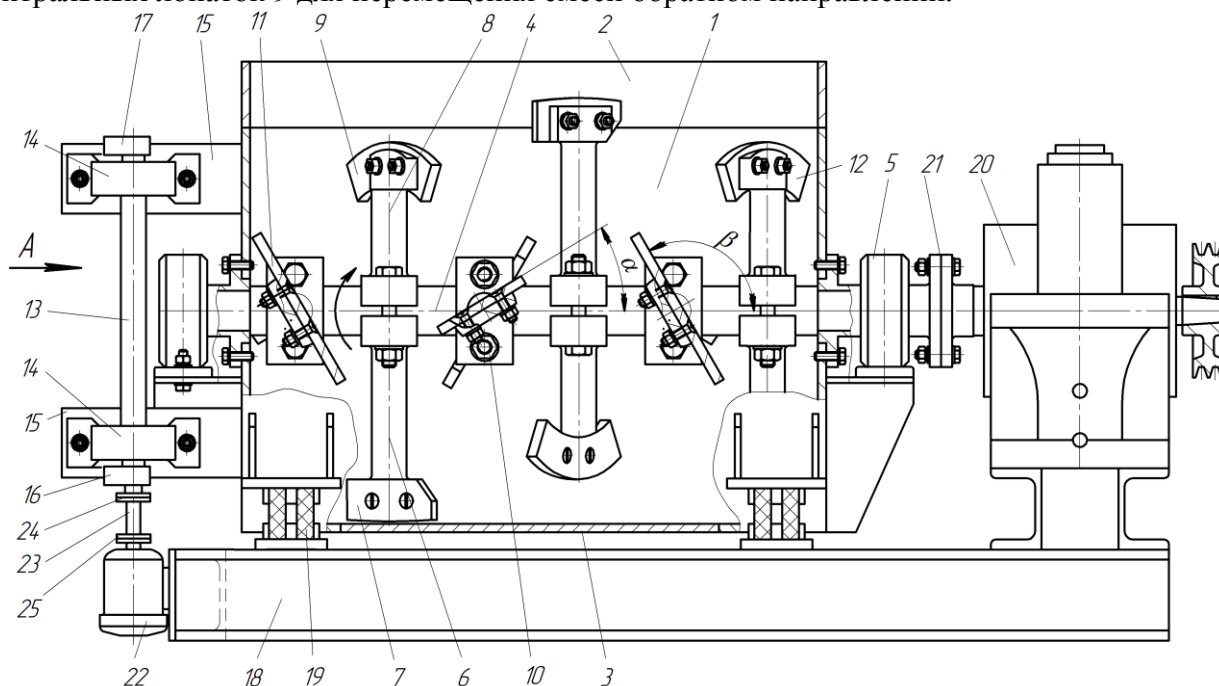


Рисунок 1. Общий вид вибромеханического бетоносмесителя принудительного действия.

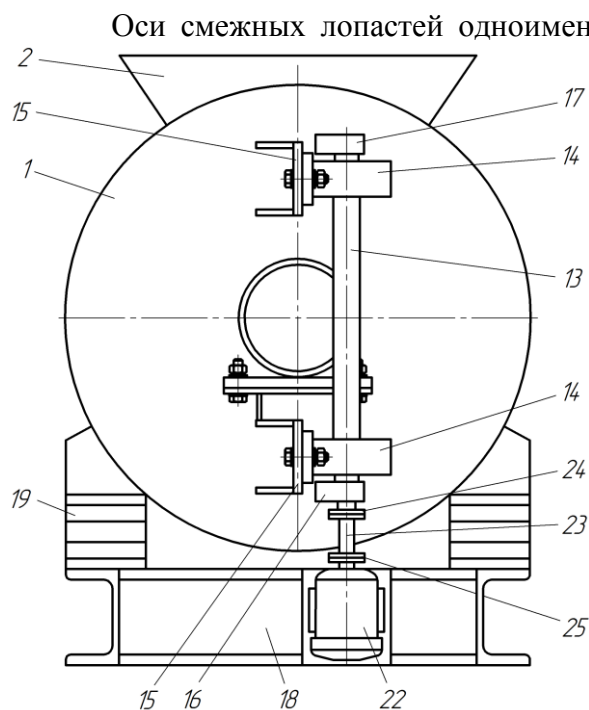


Рисунок 2. Вид А на рис. 1.

Оси смежных лопастей одноименного направления винтовой линии расположены одна относительно другой под углом  $90^\circ$ . По ходу закручивания каждой прерывистой винтовой линии у торцов смесительного барабана 1 установлены отбойные лопасти 11 и 12, имеющие те же геометрические параметры, что и основные лопасти, и развернуты на угол  $180^\circ$ . Вибромеханический бетоносмеситель с осциллирующими колебаниями дополнительно снабжен вибровозбудителем крутильных колебаний, дебалансный вал 13 которого смонтирован в подшипниковых опорах 14, установленных на кронштейнах 15, жестко закрепленных на торцевой стенке смесительного барабана симметрично относительно оси вращения лопастного вала 4, так что их опорные поверхности лежат в одной плоскости, а дебалансный вал 13 расположен перпендикулярно оси вращения лопастного вала, причем дебалансы 16 и 17 закреплены на выходных концах дебалансного вала 13 и повернуты один относительно другого на угол  $180^\circ$ , при этом смесительный барабан 1 установлен на опорной раме 18 при помощи плоских резинометаллических упругих амортизаторов 19. Лопастной вал 4 вибромеханического бетоносмесителя с осциллирующими колебаниями соединяется с редуктором 20 основного привода при



помощи муфты 21. Редуктор 20 закреплен на опорной раме 22 и связан с электродвигателем при помощи клиноременной передачи (на рис. не показаны). Дебалансный вал 13 вибровозбудителя крутильных колебаний соединен с электродвигателем 23 при помощи соединительного вала 24 и упруго-компенсирующих муфт 25 и 26.

Вибромеханический смеситель с осциллирующими колебаниями работает следующим образом.

Электромеханический основной привод смесителя через муфту 21 вращает лопастной вал. Электродвигатель 23 через соединительный вал 24 и упруго-компенсирующие муфты 25 и 26 вращает вал вибровозбудителя колебаний, который сообщает смесительному барабану крутильные колебания. После включения основного привода и привода вибровозбудителя крутильных колебаний смесительный барабан загружается предварительно отдозированным минеральными материалами. Затем после сухого перемешивания, которое длится 6 – 10 с, внутрь смесительного барабана впрыскивают воду. При вращении вала по стрелке, указанной на рис. 1, лопасти интенсивно перемешивают многокомпонентную смесь, одновременно перемещая ее двумя противоположно направленными потоками: по центру смесительного барабана и по его периферии. Центральные лопасти 9 переводят смесь во взвешенное состояние и в виде центрального потока перемещают её в продольном направлении к задней торцевой стенке смесительного барабана. Периферийные лопасти 7 создают периферийный вращающийся поток смеси, который одновременно перемещается в продольном направлении к передней торцевой стенке смесительного барабана. При этом каждая частица испытывает вихревые движения и периодически перемещается из одного потока в другой, обеспечивая тем самым интенсивный массообмен. Вибрационным воздействием со стороны обечайки смесительного барабана, совершающего крутильные колебания относительно оси вращения лопастного вала, в бетонной смеси создаются сдвиговые деформации. Перемешиваемая смесь переходит в тиксотропное состояние и уменьшается её коэффициент внутреннего трения. Разрушаются внутренние связи в бетонной смеси и одновременно интенсивно разрушаются агрегаты, состоящие из слипшихся частиц цемента, покрытых водной пленкой. Происходит виброактивация бетонной смеси. Ускоряется процесс обволакивания минеральных частиц вяжущим. В результате сокращается продолжительность перемешивания и образуется однородная качественная смесь. Применение вибрационного воздействия на бетонную смесь в виде крутильных колебаний обечайки смесительного барабана позволяет также значительно снизить силы сопротивления перемешиванию смеси и соответственно уменьшить мощность привода. Использование отбойных лопаток 11 и 12 обеспечивает непрерывный кругооборот смеси в корпусе и препятствует образованию застойных зон в смесителе.

На эффективность вибрационной обработки и активации цементобетонных смесей существенное влияние оказывает характер осциллирующего движения смесительного барабана, который зависит от момента инерции и массы смесительного барабана, жесткости упругих амортизаторов, частоты и амплитуды момента возмущающих сил вибровозбудителей колебаний, массы и физико-механических характеристик бетонной смеси. Поскольку частота и амплитуда осциллирующих колебаний смесительного барабана являются технологическими параметрами, от которых зависит качество приготавливаемой цементобетонной смеси, то необходимо определить закон осциллирующего движения смесительного барабана, обеспечивающие получение необходимого технологического режима.

Осциллирующие колебания смесительного барабана можно описать дифференциальным уравнением:

$$J \frac{d^2\theta_x}{dt^2} + n \frac{d\theta_x}{dt} + k\theta_x = M \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $\theta_x$  – угловые перемещения смесительного барабана относительно координатной оси  $X$ , направленной вдоль оси лопастного вала;  $J$  – момент инерции масс смесительного барабана относительно координатной оси  $X$ ;  $k$  – крутильная жесткость упругих амортизаторов;  $n$  – коэффициент неупругого сопротивления амортизаторов относительно координатной оси  $X$ ;  $M$  – амплитуда возмущающего момента сил,  $M = Q \cdot r$ ;  $Q$  – амплитуда возмущающей силы одного дебаланса вибровозбудителя колебаний;  $r$  – расстояние между дебалансами вибровозбудителя колебаний;  $\omega$  – угловая частота вынужденных колебаний;  $t$  – время.

Решение уравнения (1) для стационарных крутильных колебаний смесительного барабана, найдем в следующем виде:

$$\theta_x(t) = \Theta_x \sin(\omega t - \xi); \quad (2)$$

где  $\Theta_x$  – амплитуда крутильных колебаний смесительного барабана относительно оси  $X$ ;  $\xi$  – угол сдвига фаз между амплитудой момента возмущающих сил и амплитудой вынужденных крутильных колебаний смесительного барабана;

$$\Theta_x = \frac{Q \cdot r}{\sqrt{(k - J\omega^2)^2 + n^2\omega^2}}; \quad (3)$$

$$\xi = \text{arctg}[n\omega / (k - J\omega^2)]. \quad (4)$$

Используя зависимости (2 – 4), определим линейные перемещения по окружности внутренней цилиндрической поверхности смесительного барабана, взаимодействующей с бетонной смесью:

$$u(t) = \Theta R \sin(\omega t - \xi), \quad (5)$$

где  $R$  – радиус обечайки барабана.

Полученные выражения (3 – 5) позволяют установить закон движения внутренней цилиндрической поверхности смесительного барабана, взаимодействующей с цементобетонной смесью, а также обосновать рациональный технологический режим вибрационной обработки и виброактивации цементобетонной смеси, определить основные параметры предлагаемого бетоносмесителя.

**Выводы.** Предложенный принцип создания вибромеханических рабочих перемешивающих органов может быть использован в конструкциях бетоносмесителей периодического и непрерывного действия. Эти бетоносмесители могут использоваться, как для приготовления жестких, так и пластичных бетонных смесей. Предложенная конструкция бетоносмесителей позволяет повысить производительность, уменьшить металлоемкость и установленную мощность электропривода, снизить энергоемкость процесса приготовления смесей.

### Литература

1. Богомолов А.А. Совершенствование конструкции смесительных машин / А.А. Богомолов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – Вып. 29 – С. 217–220.
2. Саленко Ю.С. Горизонтальные бетоносмесители принудительного действия / Ю. С. Саленко – Кременчук: ТОВ «Кременчуцька міська друкарня», 2013 – 218 с.
3. Одновальный бетоносмеситель. Интернет ресурс: <http://zzbo.satu.kz/g282759-odnovalnye-betonosmesiteli-zzbo>.
4. Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов – М.: Машиностроение, 1981. – 384 с.
5. ГОСТ 16349 – 85. Смесители циклические для строительных материалов. Технические условия.