

**СОВРЕМЕННОЕ БЕТНОСМЕСИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В АСПЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ БЕ-
ТОННЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ**

В основных направлениях экономического и социального развития Российской Федерации особая роль отводится развитию строительного, дорожного и коммунального машиностроения, основная цель которого состоит в повышении интенсивности и эффективности выпускаемого оборудования, освоении и ускоренном выпуске современных машин и комплексных технологических линий для изготовления прогрессивных строительных материалов. Производство железобетонных изделий для жилищного, промышленного, индивидуального и других видов строительства неотъемлемо связано с приготовлением бетонных смесей. Уровень современной технологии приготовления различных бетонных смесей убедительно свидетельствует о том, что процесс смешивания строительных материалов представляет собой совокупность протекающих в нем физических, химических и механических процессов, в результате которых компоненты минеральных материалов и вяжущее равномерно распределяются в смешиваемом объеме, образуя однородную смесь. Однако самым совершенствующимся с древних времен по настоящее время, обусловленным своей «управляемостью» процессом, является механическая обработка бетонной смеси.

Ключевые слова: бетоносмеситель, активация, механическая активация, интенсификация, процессы перемешивания, Viscoprobe, аналитический обзор, информационный анализ, контрольно-измерительный прибор, реологические параметры, интенсивность перемешивания, внедрение и анализ информации, электронная модель процессов смешивания.

Бетоны и строительные растворы представляют собой искусственные материалы, получаемые из смеси, состоящей из вяжущих веществ (цемента, извести) и заполнителей (щебня, гравия и песка). В результате химической реакции между вяжущими веществами и водой образуется цементный (известковый) камень, заполняющий пространство между щебнем и песком. Для экономии цемента и получения более прочного бетона следует так подбирать компоненты смеси, чтобы между ними было наименьшее количество пустот. В качестве заполнителей широко применяются легкие материалы: шлак, пемза, керамзит.

На технологию приготовления бетонов и их укладку большое влияние оказывает количество вяжущего вещества и воды, которые в основном определяют подвижность и укладываемость смеси. От этих же компонентов зависит и прочность бетона. Затвердевший бетон характеризуется «маркой», т. е. пределом прочности образцов на сжатие в 28-дневном «возрасте». На прочность бетона влияет однородность смеси, зависящая от качества перемешивания [1 – 5].

Приготовление (перемешивание) бетонов и растворов осуществляется в бетоно- и растворосмесителях [1 – 2, 6 – 9].

Анализ литературных источников и документов отечественных и зарубежных государственных стандартов [1 – 2, 6 – 9] показывает, что, несмотря на все многообразие конструкций бетоносмесительных установок, их принято классифицировать по двум основным признакам: по режиму (или характеру) работы и по принципу смешивания компонентов.

По принципу смешивания различают смесители принудительного действия и гравитационные. Принудительное перемешивание (рис. 1, 3) осуществляется при вращении лопастей в неподвижной емкости (барабане), а в гравитационных смесителях – в результате подъема и сбрасывания смеси внутри вращающегося барабана. Гравитационные смесители (рис. 2) проще по конструкции и способны перемешивать бетоны с более крупным заполнителем.

По режиму работы смесители бывают циклического (рис. 1, 2) и непрерывного (рис. 3) действия. Смесители циклического действия имеют явно выраженный цикл, состоящий из операций загрузки, перемешивания и выгрузки готовой смеси. В смесителях непрерывного действия поступление компонентов и выход готовой смеси происходят непрерывно. Эти

* - автор, с которым следует вести переписку.

машины отличаются относительно большой производительностью.

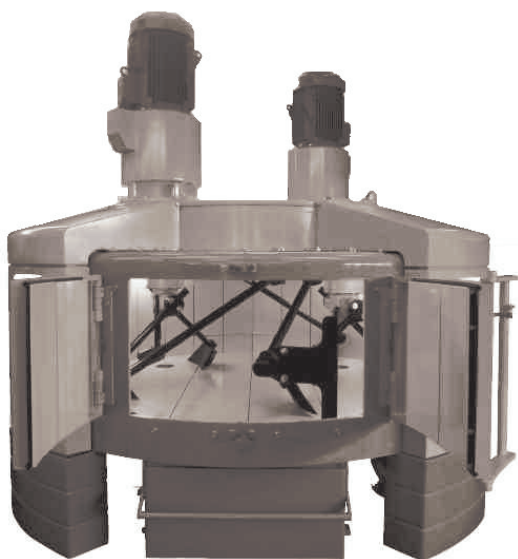


Рис. 1. Планетарный противоточный бетоносмеситель принудительного действия фирмы Skako (Дания).



Рис. 2. Гравитационный бетоносмеситель фирмы Piccini (Италия).

Поскольку анализ документально-литературных источников не дает в полной мере оценку состояния современного производства новых конструкций бетоносмесителей, был произведен тщательный информационно-аналитический поиск и обзор рынка современных производственных бетоносмесителей. Информационно-аналитический поиск проводился с помощью Internet и позволил

выявить 39 фирм-производителей из 12 стран мира, выпускающих 98 различных по модификациям бетоносмесительных машин. Количественное и процентное соотношение найденных фирм-производителей бетоносмесительных машин по странам мира, по режиму работы и принципу перемешивания компонентов, а также по типу перемешивающего механизма, представлены на диаграммах (рис. 4, 5, 6).



Рис. 3. Двухвальный бетоносмеситель непрерывного действия фирмы Simem (Италия).

Анализ диаграмм позволяет обнаружить, что первенство по количеству фирм-производителей бетоносмесительных машин, а также по разнообразию и качеству выпускаемых бетоносмесителей, принадлежит странам Западной Европы (Германия, Италия, Франция, Дания). Объясняется это тем, что в данных странах очень развита система совокупного интегрирования науки и перспективных разработок с производством, существует мощная экономико-производственная база, а так же наличествует очень жесткая система оценки качества выпускаемых изделий: все выпускаемые бетоносмесители соответствуют международному стандарту ISO 18650 [5, 6], а смесители немецкого производства кроме этого и более жесткому стандарту DIN 459 [4, 8]. Качественная характеристика бетоносмесителей, выпускаемых в соответствии с данными стандартами, в отличие от остальных, а в особенности отечественных стандартов, где качество перемешивания определяется по уже готовым бетонным изделиям [3], обусловлена наличием критерия оценки качества смесей непосредственно в процессе приготовления.



Рис. 4. Количественное распределение найденных фирм-производителей бетоносмесительных машин по странам мира.

Россия и страны бывших союзных республик занимают в этой отрасли особую нишу – с одной стороны, присутствует тенденция производства бетоносмесителей из комплектующих иностранного производства (за исключением металлоконструкций), причем, по конструктивным признакам и наличию ноу-хау данные смесительные машины являются технологической копией бетоносмесителей иностранного производства (страны Западной Европы), т. е. фактически организация данного производства основана только на сборке, без особых сложных конструктивных, технологических и инженерных расчетов и испытаний. С другой стороны, существуют предприятия, где производство бетоносмесительных машин основывается на принципах советской школы – от идеи на чертеже до испытания готовой машины. Однако количество последних очень мало и не задает прогрессивной тенденции выхода на лидирующие позиции рынка даже на территории производства этих стран.

Особое место в данной области производства занимает Китай. С одной стороны, как страна с быстроразвивающейся экономикой Китай занимает далеко не последнее место по

позициям предложений и реализации в другие страны (Россия, страны бывших союзных республик, страны третьего мира) довольно приемлемого модельного ряда бетоносмесителей (SDMIX, Wenzhou Engineering Machinery Co., NFLG Fujian South Highway Machinery CO., Japoo) неплохого качества, обусловленного наличием качественных комплектующих производства стран Западной Европы (Германия, Италия, Франция), различных конструкций. С другой стороны, все китайские фирмы-производители бетоносмесительной техники появились не на основе собственных разработок (ноу-хау), а на основе опыта зарубежных производителей данных машин (опять же, таких лидеров, как Германия, Франция, Италия), т. е., несмотря на рекламируемое качество (за счет оригинальных комплектующих известных производителей, а вопрос о качестве сборки остается без ответа), данное производство смесительных машин имеет слабую научную и испытательную базу, а весь предлагаемый ряд конструкций бетоносмесителей китайского производства является почти точной копией зарубежных аналогов (Германии, Франции, Италии).



Рис. 5. Количественное распределение выпускаемых бетоносмесителей по режиму работы и принципу перемешивания компонентов.

Анализ основных классификационных признаков показывает, что преобладающее большинство конструкций бетоносмесителей соответствует циклическим смесителям принудительного перемешивания (рис. 5). Данное предпочтение обусловливается наиболее широким и адаптивным условием применимости в производстве бетонных смесей. Кроме того, данный анализ позволяет обнаружить наличие конструкций бетоносмесителей принудительного перемешивания с непрерывным режимом работы, в отличие от гравитационных смесителей.

Общий информационно-аналитический обзор позволил вывить расширенные конструктивные, а, следовательно, и классификационные признаки бетоносмесителей по типу перемешивающего механизма (рис. 6).

Однако наибольший интерес общего аналитического обзора представляют современные разработки фирм-производителей смесительной техники стран Западной Европы (Германии, Франции, Италии, Дании) в области получения качественных бетонных смесей (показатель качества – их однородность) вследствие применения современных технологий в процессах их механической активации [10, 11, 12, 13]; устройств контроля стабильности процесса перемешивания бетонных смесей: микроволновые аппараты контроля влажности в песке (этап дозирования) и в бетоне (этап приготовления замеса), а также контрольно-измерительный прибор (рис. 8) оценки вязкости бетонной смеси [13]; разработки и внедрения информации путем созда-

ния электронных моделей процессов смешивания, позволяющих следить за состоянием потока и смеси при различных режимах работы смесителя и проводить комплексную оценку параметров смешивающего инструмента: направления вращения, относительно перемещения и т. п. [11].

Так, например, французская компания Couvrot, с недавнего времени входящая в группу компаний Skako (Дания), поставляет на рынок бетоносмесительной техники Viscoprobe (рис. 7, 8) – контрольно-измерительный прибор, принцип действия которого основан на измерении сопротивления перемещению шарообразного зонда, погруженного в бетонную смесь и движущегося с различной скоростью [13, 14]. Данное устройство (рис. 8) обеспечивает оценку реологических параметров бетонной смеси в реальном времени (рис. 9) непосредственно в самом бетоносмесителе, в который встраивается реометр, вычисляющий количественную индикацию пороговых величин и динамическую вязкость бетона в ходе перемешивания [13].

Измерительная электроника размещается в верхней части зонда, в бетон погружается только шарообразный зонд из износостойкой стали.

Viscoprobe передает данные реологических параметров на дисплей ПК (рис. 9), обеспечивая должный контроль тщательно подготовленных смесей путем сравнения их параметров с пороговыми величинами, в том числе динамической вязкости со справочными величинами [13].

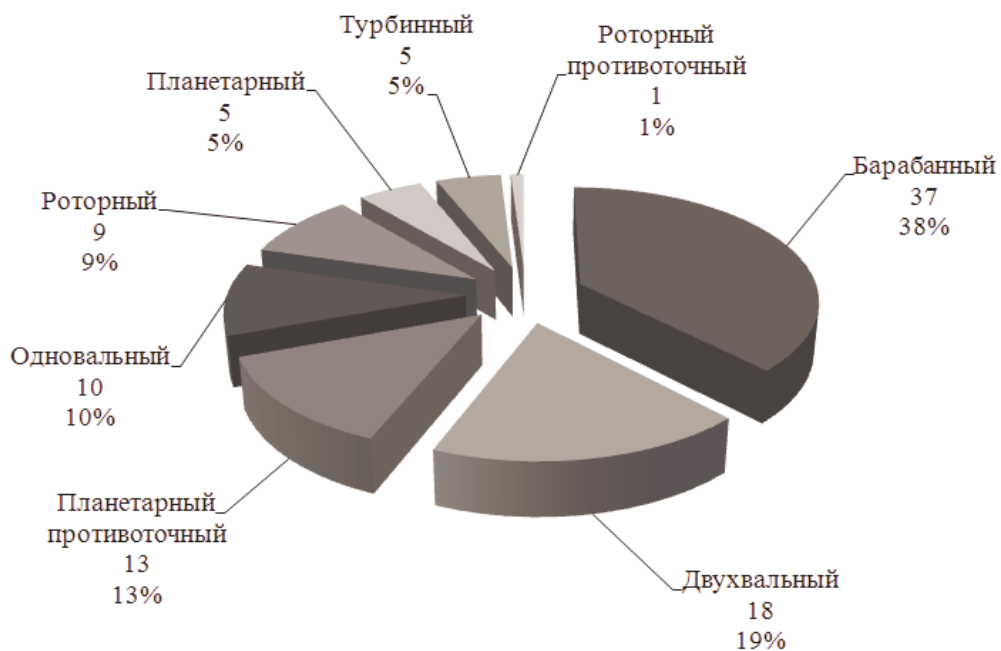


Рис. 6. Количественное распределение выпускаемых бетоносмесительных установок по типу перемешивающего механизма.



Рис. 7. Viscorobe, установленный на смесительной звездочке планетарного бетоносмесителя Соуврот емкостью 1,5 куб. м на предприятии SBP (Samer – Франция).



Рис. 8. Общий вид контрольно-измерительного прибора Viscoprobe.

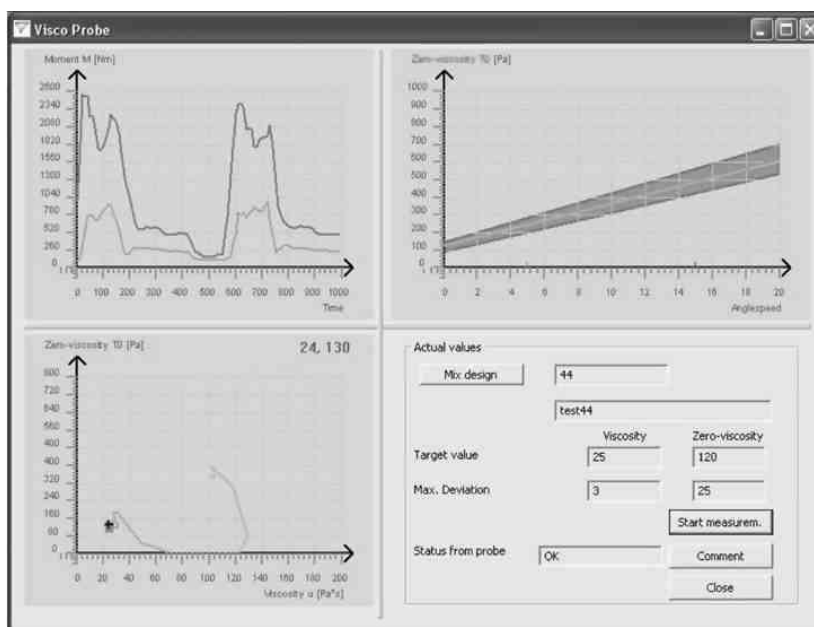


Рис. 9. Процесс передачи реологических параметров бетонной смеси на дисплей ПК.

Наряду с Hydrowave II (микроволновый аппарат контроля влажности в песке на этапе дозирования) и Orbiter (микроволновый аппарат контроля влажности в бетоне на этапе приготовления замеса), Viscoprobe открывает двери онлайн-контролю процесса перемешивания внутри смесителя и дополняет собой ряд контрольно-измерительных приборов Couvrot, предназначенных для контроля стабильности процесса производства бетона на заводах, выпускающих товарную бетонную смесь, а также для заводов сборного железобетона [13].

Другим наглядным примером служат смесители серии SM производства немецкой фирмы Schlosser-Pfeiffer (рис. 10), которые

благодаря высокой интенсивности перемешивания хорошо подходят для производства бетона с низким водоцементным соотношением – жесткой бетонной смеси [11].

Приводная система смесителя (рис. 10) оснащена главным приводом для поворота держателя основного инструмента и двумя планетарными приводами, расположенными на этом держателе. Установка системы независимых приводов позволяет экономить потребление энергии, в отличие от смесителей с одиночными планетарными приводами, делает возможным безопасное обычное штатное отключение смесителя в условиях эксплуатации и его запуска при полной загрузке, т. е. при запуске обычного смесителя с непосред-

ственным приводом (прямой привод) либо через гидромфту могут возникать огромные нагрузки на главную планетарную передачу, в случае же данной конструкции первым запускается один из вспомогательных планетарных приводов, затем второй и только потом – главный [11].

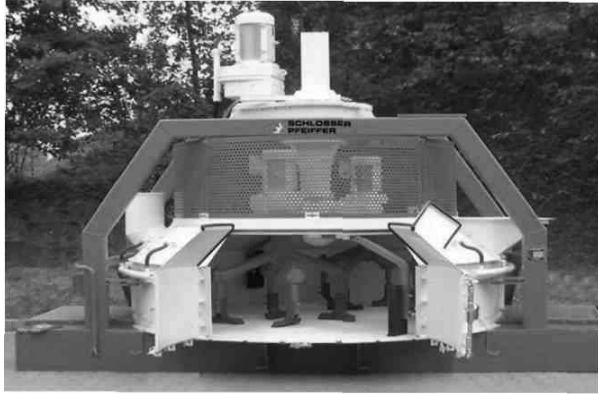


Рис. 10. Смеситель фирмы Schlosser-Pfeiffer (Германия).

Но, пожалуй, самой перспективной разработкой инженеров компании Schlosser-Pfeiffer в области анализа информации является создание электронных моделей процессов перемешивания, позволяющих следить за состоянием потока смеси при различных режимах работы бетоносмесителя, проводить комплексный анализ процесса в целом и вследствие этого разрабатывать перспективные конструкции смесительных машин. Как показывает практика, на данном этапе программирование модели поведения смесителя является

наиболее сложной задачей, но как только удастся это сделать, открывается большая перспектива в области моделирования вариантов его работы. Опять-таки важным моментом является мощность компьютеров и время обработки информации: для обработки данных процесса смесеобразования потребовалась работа пяти параллельно подключенных компьютеров в течение целой недели. На рис. 11 показано распределение частиц в смесителе после их добавления и спустя короткий промежуток времени.

При сопоставлении данных параметров процесса смешивания вычисляется коэффициент [5] разброса (по ISO 18650 вариационный коэффициент, или степень сепарации), который принимается в качестве критерия эффективности смешивания. Малые его значения свидетельствуют о большей однородности распределения частиц и, следовательно, о высокой эффективности перемешивания: ISO 18650 [5] характеризует качество бетонной смеси при вариационном коэффициенте меньше 7,5 % как хорошее. Последующая оптимизация, по результатам которой проводились испытания в условиях, близких к реальным, в соответствии с процедурами стандарта ISO 18650, данной компьютерной модели смесителя в институте промышленных технологий ЖБИ в Веймаре (IFF Weimar e.V.) и инженерами компании Schlosser-Pfeiffer позволила создать смеситель с коэффициентом разброса 1,7 % – и это только при коротком цикле перемешивания [11].

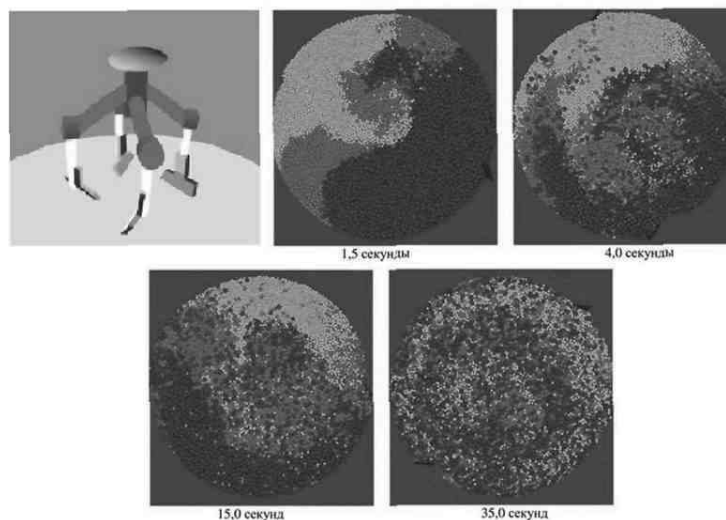


Рис. 11. Моделирование камеры смешивания бетоносмесителя Schlosser-Pfeiffer и диаграммы распределения частиц по времени после начала процесса перемешивания.

Смесители Schlosser-Pfeiffer успешно внедрены на многих предприятиях по всему миру. Они отличаются высоким рабочим ресурсом, высокой надежностью в эксплуатации, высочайшим качеством бетонной смеси и минимальными затратами на техническое обслуживание.

Таким образом, на основании общего аналитико-информационного обзора можно сделать следующие основные выводы.

1. Для производства конкурентоспособного (не только в России, но и за рубежом) модельного ряда бетоносмесительных машин необходимы поддержка данной отрасли промышленности на государственном уровне, развитие системы совместного взаимодействия науки, перспективных разработок и самого производства, в котором должна быть сосредоточена, наряду с мощной экономико-производственной базой, совокупность систем оценки качества выпускаемых изделий и развитой испытательной базы.

2. Как показывает практика, для создания качественных бетоносмесителей нового поколения необходимо внедрение новых национальных стандартов в данной отрасли: качественная характеристика выпускаемых бетоносмесительных машин должна регламентироваться критерием оценки качества смесей не только по уже готовым бетонным изделиям [3], а непосредственно в процессе приготовления, т. е. хотя бы минимально соответствовать международным стандартам ISO 18650 [5, 9] и DIN 459 [4, 8].

3. Для качественной оценки состояния потока и смеси необходимы создание и совершенствование контрольно-измерительных приборов, предназначенных для контроля стабильности процесса производства бетона на заводах, а также разработка и внедрение информации путем создания электронных моделей процессов смешивания, позволяющих следить за состоянием потока и смеси при различных режимах работы смесителя и проводить комплексную оценку параметров смеси в целом.

4. С точки зрения получения качественных бетонных смесей, т. е. получения их максимально однородными по составу, механическая обработка в процессах перемешивания является наиболее актуальным в настоящее время способом, обуславливающим появление всевозможных по конструкциям бетоносмесителей.

Последнее в особенности позволяет выделить проверенный временем и множеством научных трудов способ вибрационной обработки бетонных смесей как в отдельно взятом случае, так и в совокупности с обычной механической активацией [15 – 18].

Литература

1. Бауман В.А., Клушанцев Б.Д., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1975. 351 с.
2. Бунин М.В., Богомолов А.А. Анализ влияния конструкции бетоносмесителей на однородность смеси // Конструирование и динамическое исследование узлов механического оборудования предприятий строительных материалов: тр. Моск. инж.-строит. ин-та и Белгород. технол. ин-та строит. матер. 1974. Вып. 2. С. 51–60.
3. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М., 1990.
4. DIN 459. Building material machines – Mixers for concrete and mortar – Part 2: Procedure for the examination of the mixing efficiency of concrete mixers.
5. ISO 18650 Building construction machinery and equipment – Concrete mixers – Part 2: Procedure for examination of mixing efficiency.
6. ГОСТ 16349-85. Смесители циклические для строительных материалов. Технические условия. М., 1985.
7. ГОСТ 9231-80. Смесители лопастные двухвальные. Технические условия. М., 1985.
8. DIN 459. Building material machines – Mixers for concrete and mortar – Part 1: Terms, determination of performance, sizes.
9. ISO 18650. Building construction machinery and equipment – Concrete mixers – Part 1: Vocabulary and general specifications.
10. Бейтцель Х. Производство самоуплотняемого бетона (SCC) за счет изменения некоторых параметров бетоносмесителей // Бетонный завод. 2007. №1. С. 2-13.
11. Беккер Г. Новая бетоносмесительная установка прошла приемо-сдаточные испытания BRAUN // Там же. 2006. № 2. С. 28-32.
12. Дейн Ф., Оргасс М. Влияние технологии приготовления бетонной смеси на характеристики высококачественных бетонов // Там же. №1. С. 42-46.
13. Измерение вязкости самоуплотняющегося бетона в бетоносмесителе // Там же. 2007. № 3. С. 59.
14. International Patent Application WO 2005029045 (A1), Int.Cl. G01N11/14; G01N33/38; G01N11/10; G01N33/38. / Nielsen Niels Holl. Pub. 31.03.2005.

15. Ахвердов И.Н. Влияние виброперемешивания бетонной смеси на деформирование структуры цементного камня // Исследования по бетону и железобетону: сб. ст. Рига, 1961. С. 17-26.

16. Ефремов И.М. Интенсификация процесса и выбор параметров роторно-вибрационного смесителя: дис. ... канд. техн. наук. Л., 1985. 252 с.

17. Кузьмичев В.А. Методы моделирования и проектирования вибрационных смесительных машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1989. 32 с.

18. Plowman I.M. Effectiveness of vibration of concrete // The Engineer. 1954. Vol. 197, № 5113.

УДК 621.01

V.D. Anakhin*, E.T. Baertueva

THE DESIGN AND OPERATION OF EQUIPMENT AS CONVEYING AND SORTING DEVICES

This paper describes the use of asymmetric vibrations for special application in the operation of such equipment as conveying and screening machines. The inventive aspects of process design include the arrangement of a set of devices. Analytical aspects of vibration processes are also involved.

Keywords: vibration, design, operation, dynamic parameters.

This paper describes the use of vibratory equipment for its special application in processes involved in the primary mode of operation of such equipment as conveying and screening machines. The inventive aspect of process design includes the arrangement of a set of devices. Some analytical aspects of vibration are also involved.

The thickness factor of the solids presenting in the mixture is also essential with the screening machines motivated by the acceleration of vibration. The design of equipment for this particular operation is less developed aspects of vibration technology. Selection of the technique or techniques to be used for a particular system can be also broken down into the task to use the translational vibration motion in the direction of the Y axis of the deck of device (longitudinal vibration). The technical feasibility and engineering perspectives of a given method must be attractive.

Mixtures of dry solids can be sorted by the specific thickness differences of the components. The proper introduction to feed the screening machine is one of the keys to its performance. The batching and removal of solids require a good control. For some critical designs, the performance cannot be predicted theoretically and such systems require experimental work to determine concentration of feed, sizing (spacing for equipment), material of construction, operating

conditions and costs, quality required, etc. For consistence performance dynamic models are useful in evaluating optimal performance.

The design shown below is common for sorting depended on the thickness differences of the solids present in a multicomponent mixture.

A type of equipment for sorting mixtures according to the particle thickness is shown in Fig 1. The principal part of such a device is a bar (part 1) which can be turned into three positions of 10, 20, and 30°, and deck (part 3).

The disturbance force from electromagnetic exciter (part 4) moves the deck and the bar in opposite directions. The deck and reactive frame (part 5) are supported by elastic damper (part 8) to prevent vibrations from being transferred from the upper part of the machine to the turning frame (part 6). The machine rests on base (part 7). The base usually comprises handwheel (part 9) and screw mechanism (part 10). The initial mixture is separated into fractions: finer grains (thin) pass a clearance under the bar (part 1); larger grains (thick) with dimensions exceeding the gap are caught by the bar and directed upwards.

Characteristics of equipment (see Fig. 1)

The frequency range of the simple harmonic motion: 3000 min⁻¹

The amplitude of the displacement: 1 mm

The angle of vibration: 25°

Longitudinal tilt of the deck: 10-20°

Lateral tilt of the deck : 0-8°

* - автор, с которым следует вести переписку.