

ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРИЗОВАННЫХ БЕТОНОВ

Григорий Черноусенко

Научно-производственное объединение «Стройтехавтоматика»  
394000, ул. Пешестрелецкая, 95, г. Воронеж, Россия, e-mail: [chernousencoag@mail.ru](mailto:chernousencoag@mail.ru)

PRINCIPLES FOR DESING, MANUFACTURE AND OPERATION  
MIXERS FOR AERATED CONCRETE

Gregory Chernousenko

Scientific and Production Association " Stroytehavtomatika "  
394000, st. Peshestreletskaaya, 95, Voronezh, Russia

**АННОТАЦИЯ.** Проведен анализ конструкций и технологических параметров смесителей для производства мелкозернистых поризованных бетонов из широкого диапазона их плотностей. Рассмотрены конструкции и научные обоснования применяемые автором при его изготовлении и испытаниях в специальных смесителях.

**Ключевые слова:** смесители, поризованный бетон, опытно-экспериментальное конструирование, эксплуатация машин и механизмов, строительство.

**АННОТАЦІЯ.** Проведено аналіз конструкцій та технологічних параметрів змішувачів для виробництва дрібнозернистих поризованих бетонів із широкого діапазону їхньої щільності, Розглянуто конструкції та наукові основи, що використані автором для виготовлення та випробовування спеціальних змішувачів.

**Ключові слова:** змішувачі, поризований бетон, дослідно-експериментальне конструювання, експлуатація машин і механізмів, будівництво.

**ABSTRACT. Purpose.** This article aims to acquaint the interested audience with the results of the use of methods of research and experimental design of machines and mechanisms for the construction industry. Recommendations are based on years of experience of exploitation various modifications of mixers for preparation and transportation of fine-grained porous mixtures with a range of densities from 200 kg/m<sup>3</sup> to 2000 kg/m<sup>3</sup>. **Methodology/approach.** As promising direction of innovative development of the construction industry the author considers the use of different modifications of special mixing plants for the preparation of porous concrete as a versatile construction material suitable for the execution of all elements of the various buildings and structures for different purposes. **Research limitations/implications.** Performed tests shown the effectiveness gazobetonosmesiteley working volume mixer  $V = 0,25m^3$ . This allows taking into account the full cycle of preparing and placing 6...8 minutes to prepare 1,5 ...2,0m<sup>3</sup>/h stable mixture desired density. **Originality/value.** The article is important for future research.

**Key words:** mixers, aerated concrete, development and experimental design, operation of machines and mechanism, construction.

Подано 30.11.2013; Прийнято 14.01.2014.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Потребность в появлении для целей строительства новых композитных строительных материалов заставляет специалистов искать новые или совершенствовать традиционные технологические и конструкторские решения [1]. Исследования в области приготовления облегченных и легких бетонных смесей, которые в последние десятилетия получили толчок к развитию прежде всего по причине повышения требований к теплозащитным характеристикам зданий и сооружений, является весьма актуальной проблемой [2, 3].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Анализ существующих конструкций и принципов конструирования новых смесителей для производства пористых бетонных смесей.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО  
МАТЕРИАЛА

В начале 70-х годов под руководством профессора Воронежского инженерно-строительного института Помазкова В.В. была развернута активная научно-исследовательская работа по продвижению в

строительную практику мелкозернистых поризованных бетонов различной плотности. Предложенные для строительства бетоны отличались от других видов ячеистого бетона способом создания в смесях устойчивой структуры воздушных пор, а именно, путем управляемого процесса воздухововлечения в период перемешивания необходимых компонентов. В результате был конкретизирован не только необходимый и достаточный набор компонентов смесей, сформулированы требования к их свойствам, но и разработано техническое задание на конструирование специальных смесителей для производства смесей [4]. Структура таких смесей была мелкозернистой на основе песков мелких фракций и, прежде всего, этот фактор определил конструктивные и технологические параметры машин для производства поризованных бетонов, а именно форму, размеры, конструктивные особенности, скорость вращения активной части, мощность привода и т.п.

Дальнейшие исследования определили, что, в основном, существуют два пути разработки устройств для воздушной поризации смесей. Первый был реализован в порогенераторе типа ПГ-1 [5]. Опытные образцы этого устройства эффективно работали в 1993 году в процессе строительства первого опытно-экспериментального объекта трехуровневого монолитного административного корпуса на производственной базе СМУ-43 в Воронеже. С 1999 года было организовано производство опытных партий этих агрегатов, которые следует рассматривать как дополнительную насадку к серийным штукатурным станциям. Неоднократные попытки организовать серийное производство ПГ-1 на заводе строительных отделочных машин (СОМ) в городе Лебедянь Липецкой области к положительному результату не привели.

Более результативным оказался второй вариант конструирования устройств для поризации смесей. Опытный образец тако-



**Рис. 1.** Смесительная установка СПБУ-4 для производства пенобетона

**Fig. 1.** Mixing machine СПБУ-4 for foam concrete manufacture

го устройства был изготовлен в 1987 году с участием молодого ученого Перцева В.Т. К середине 90-х годов такой агрегат стал известен в широких кругах пенобетонщиков как и понятие «баротехнология», благодаря группе специалистов под руководством профессора Удачкина И. Б. К этому времени группой молодых конструкторов в Белгороде уже выпускались опытные партии смесителей типа СПБУ-3. С 2002 года в Воронеже был организован выпуск модифицированной установки СПБУ-4. Именно такой вариант с 2005 года прошел сертификацию в Украине и стал поставляться для работы строительных бригад в Севастополе, Евпатории, Киеве и др. городах (рис. 1).

В 2013 году в Севастополе автором был изготовлен вариант модифицированной конструкции поробетоносмесителя, а также проведены его эксплуатационные испытания и доработка до требуемого уровня удобства и надежности (рис.2).

Теоретической основой предлагаемых решений при конструировании специальных смесителей для поризованных смесей являются принципы механо-химической активации всех компонентов смеси на их микроуровнях: песчинка, зерно цемента,

молекула воды, отдельная нить фибры и т.п. Наиболее полно они реализуются в высокоскоростных турбулентных установках с вертикальным валом активатора. Требования к скорости вращения активатора в зависимости от плотности смеси оптимизированы в диапазоне  $750 \leq V \leq 1000$  об/мин, а его размеры и форма определялись в соответствии с гидродинамическими критериями Вебера и Рейнольдса. Эти экспериментальные выводы нашли наиболее полное обоснование в диссертационном исследовании Ткаченко Т.Ф. [6] – представительницы Воронежской научной школы бетоноведения.

Помимо высоких угловых скоростей при премешивании очень важной является линейная скорость по внешнему периметру ёмкости смесителя, где на стыке нижнего конуса и борта цилиндра внутри рабочего объема приварены отражатели-кавитаторы, за счет которых более эффективно происходит формирование мельчайших воздушных пузырьков вследствие эффектов поверхностного натяжения пленок воды в присутствии специальных поверхностно-активных веществ (ПАВ) [7]. Размер этих пузырьков и их удельная поверхность в



Рис. 2. Модифицированный поробетоносмеситель СПБУ-4

Fig. 2. Modified aerated concrete mixer СПБУ-4

общем объеме как раз и определяют итоговую плотность и устойчивость структуры приготавливаемых смесей. В дальнейшем в процессе гидратации вяжущего происходит формирование вторичной кристаллической структуры в исходном массиве формируемых смесей. Динамика процесса гидратации во многом зависит не только от показателя активности вяжущего, но и от энергетической активности зерен песка, как подложки-образца для формирования новообразований кристаллогидратов, а также, что очень важно, от энергетической «накачки» диполей-молекул воды, под воздействием которых происходит дезагрегация (образование сольвентной оболочки) зерен вяжущего с последующим формированием различных кристаллогидратов и их агрегацией в макроструктуру. ПАВ выполняет в таких смесях роль катализатора при образовании воздушных пузырьков, очищает и активизирует зерна песка, а также эффективно способствует повышению дипольности молекул воды. Энергия электропривода, в свою очередь, преобразуется во внутреннюю энергию микроэлементов смеси и в последующем эта самоорганизующаяся система из анионов, катионов, электронов и протонов (ядер атомов водорода) под воздействием внутренних факторов и внешней среды создает «искусственный камень» в соответствии с законами природы по минимизации внутренней энергии системы (переход в энергетическую «яму»). Именно поэтому важно выбирать оптимальную мощность электропривода с учетом ограничений по массе изделия, стоимости, ремонтнопригодности и т.п.

Многолетняя производственная практика показала, что наиболее оптимальным объемом для рабочей емкости является диапазон  $V=0,25...0,35\text{ м}^3$  с приводом мощностью  $P=5,5\text{ кВт}$  при использовании нижнего опорного узла с энергообеспечением от трехфазной сети переменного тока напряжением  $\sim 380\text{ В}$ . Верхний опорный узел с приводом  $P=3...4\text{ кВт}$  оказался оптимальным при энергообеспечении смесителя от однофазной сети переменного тока напряжением  $\sim 220\text{ В}$ .

Габариты установки определялись из соображений эргономики и необходимости заносить её внутрь строящихся объектов, т.е. в соответствии с размерами дверей и окон. Этим же обусловлены ограничения по массе изделия.

В процессе работы подобных установок оказалось, что абразивность перемешиваемых смесей проявляется значительно реже, чем в обычных бетонах и растворах вследствие использования ПАВ, а потому толщина металла для рабочей емкости достаточно  $\delta=3\text{ мм}$ . Жесткость рабочей емкости (бочки) от воздействия внутреннего давления (1 атм. и выше) достигается за счет особенностей формы (цилиндра, нижнего и верхнего конусов), а также привариванием дополнительных усиливающих ребер. Загрузочное окно (люк, отверстие) применяется круглое и жесткое, чтобы выдержать прижим крышки с целью обеспечения герметичности при перемешивании и выгрузке емкости по принципу камерного насоса. Надежный прижим герметизирующей крышки достигается рычажным червячным клином или трапециевидным винтом. Избыточное давление с требуемыми параметрами достигается в рабочем объеме за счет компрессора. Контроль давления в смесителе осуществляется с помощью обычного манометра ( $p=0...4$  атм.). Рекомендуемое давление при приготовлении поризованных смесей не превышает 1 атм., что можно считать малоопасным по требованиям техники безопасности.

Размер отверстия для загрузки компонентов смеси определялся с учетом возможности выгрузки емкости ведрами при поломке выпускного крана и других нестандартных ситуациях. Расстояние от загрузочного кольца до днища не должно быть больше длины руки человека, т.к. порой необходимо доставать камни, окаменевшие куски цемента, куски металла и другие посторонние предметы, попавшие во внутрь, а также прочистки выпускного патрубка от кусков глины и уплотнившегося песка. Уровень и место расположения загрузочного отверстия по правилам эргономики должны быть удобными для загрузки воды, цемента, песка и других компонентов.

Диаметр выпускного патрубка целесообразно выбирать в диапазоне  $D_y=50\dots 100\text{мм}$  в зависимости от конструкции выпускного крана (шаровый –  $D_y=50\text{мм}$ , шиберный –  $D_y=65\dots 100\text{мм}$ ). Шланги для транспортировки смесей можно использовать как традиционные для штукатурных станций, так и пожарный рукав, что гораздо дешевле и часто удобнее.

Отличительной особенностью Севастопольской конструкции смесителя от всех других вариантов является использование привода с двумя электродвигателями (требуемую мощность на валу разделили на два), что обеспечивает:

- возможность запуска через блок конденсаторов с использованием одного двигателя от однофазной сети  $\sim 220\text{V}$ ;
- резервирование в приводе;
- повышение надежности опорного узла за счет устранения одностороннего изгибающего усилия на вал от ременной передачи.

Следует отдельно прокомментировать решение по герметизации опорных узлов как с нижним, так и с верхним расположением привода. От уплотняющей сальниковой набивки, начиная с СПБУ-3, решено перейти на специальную форму вала со стандартными сальниками диаметром  $40\text{мм}$  и подшипниками № 62208. Смазку типа ЦИАТИМ нагнетаем с помощью обычного шприц-насоса через три штуцера, расположенных под углом  $120^\circ$  в специальной обойме, чтобы выдавливать слои смазки, куда может попадать цементное молочко в процессе естественного износа уплотняющей резиновой прокладки в той части опорного узла, который прилегает к рабочему объему смесителя. Прокачивать (обновлять) смазку желательно после каждого рабочего дня. Такое регулярное текущее обслуживание опорного узла позволило обеспечить работу валов без их замены для приготовления более  $500\text{м}^3$  поризованных смесей. В случае проявления протечки опорного узла, обнаружения задиров в зонах крепления сальников и др. дефектах, возможно протачивать вал под сальники меньшего диаметра, например диаметр  $38\text{мм}$ , что существенно продлевает

работу такого сложного и дорогостоящего элемента, как рабочий вал.

С точки зрения надежности и долговечности работы смесителя типа СПБУ-4 известны установки, которые работают с 2002 года и одна из них - в Севастополе. Образивность приготавливаемой смеси проявилась только в том, что в 2012 году были заменены лопасти активатора, которые изготавливались из специальной стали, но истерлись на  $\approx 30\%$  и перестали соответствовать критериям Вебера и Рейнольдса.

Большинство отмечают простоту и надежность таких агрегатов, отмечая их «примитивную» простоту и усовершенствуют, добавляя, к примеру, поддув-аэрацию и т.п.

### ВЫВОДЫ

1. Проведенные испытания поробетоносмесителей показали эффективность рабочего объема смесителя  $V=0,25\text{м}^3$ . С учетом полного цикла приготовления-укладки за  $6\dots 8$  минут, двое рабочих могут приготовить  $1,5\dots 2,0\text{м}^3/\text{час}$  смеси нужной стабильной плотности. Такая установка идеально соответствует требованиям мобильности. Её легко грузить вручную и перевозить на прицепе легкового автомобиля и даже вести приготовление смесей не снимая с прицепа. Такую установку четверо рабочих сравнительно легко поднимают по лестничным маршам на любой этаж объекта, особенно с колесным вариантом рамы-шасси.

2. Если же подобный смеситель, помимо обязательного компрессора, дополнить надежным электрогенератором требуемой мощности, то бригада получает для работы автономный комплект оборудования для производства широкого набора общестроительных, ремонтных и отделочных работ с использованием универсального строительного материала – мелкозернистого поризованного бетона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайченко С.* Динамічна взаємодія роликів робочих органів з бетонною сумішшю. / Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини. 2012. - №80. - С. 38-43.
2. *Пухаренко Ю.В.* Современное состояние и перспективы применения фуллероидных наноструктур в цементных композитах // Популярное бетоноведение. 2007.- № 16.- С. 17-19.
3. *Сахаров Г.П., Курнышев Р.А.* Потенциальные возможности неавтоклавных поробетон в повышении эффективности энергосберегающих конструкций / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 4.- С. 22-24.
4. *Исследования оптимальной технологии производства легкого поризованного бетона для ж/б конструкций широкого назначения: Отчет о НИР / ВИСИ / Помазков В.В.- Воронеж, 1980.- 236 с.*
5. *Смеситель-генератор / Чернышов Е.М., Крылова А.В., Портнов В.Я., Коноплин В.А., Астафьева Л.А.* Патент России № 2109557 от 27.04.98 г.
6. *Ткаченко Т.Ф.* Совершенствование ранней структуры неавтоклавных пенобетон. Диссертация кандидат технических наук. - Воронеж, 2009. - 155 с.
7. *Чернышов Е.М., Славчева Г.С.* Гидромеханика строительных материалов: закономерности и эффективность управления интенсивностью взаимодействия структур строительных материалов со средой // X академического чтения РААСН.- Пенза-Казань, 2006.- С. 36-46.

## REFERENCES

1. *Zajchenko S.*, 2012. Dinamichna vzaemodija rolikovih robochih organiv z betonnoju sumishshju [Dynamic interaction of roller working with concrete mix]. Girnichi, budivelni, dorozhni i meliorativni mashini [Mining, construction, road and meliorative machines], no. 80, 38-43.
2. *Puharenko Ju.V.*, 2007. Sovremennoe sostojanie i perspektivy primeneniya fulleroidnyh nanostruktur v cementnyh kompozitah [Modern state and prospects of fulleroid nanostructures in cement composites]. Populjarnoe betonovedenie [Popular concrete], no. 16, 17-19.
3. *Saharov G.P., Kurnyshev P.A.*, 2005. Potencialnye vozmozhnosti neavtoklavnyh porobetonov v povyshenii jeffektivnosti jenergosberegajushhih konstrukcij [Non-autoclaved concretes potential to improve the efficiency of energy-efficient designs]. Stroitelnye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka [Construction materials, equipment, technologies of 20-th century], no.4, 22-24.
4. *Pomazkov V.V.*, 1980. Issledovanija optimal'noj tehnologii proizvodstva legkogo porizovannogo betona dlja zh/b konstrukcij shirokogo naznachenija: Otchet o NIR [Research optimal production technology of porous concrete for lightweight concrete structures wide purpose: Research report NIR]. VISI, 236.
5. *Chernyshov E.M., Krylova A.V., Portnov V.Ja., Konoplin V.A., Astafeva L.A.*, 1998. Smesitel-generator [Mixer-generator]. Patent Russia, no. 2109557.
6. *Tkachenko T.F.*, 2009. Sovershenstvovanie rannej struktury neavtoklavnyh penobetonov [Improving early non-autoclave foam structure]. Ph.D Dissertation, Voronezh, 155.
7. *Chernyshov E.M., Slavcheva G.S.*, 2006. Gidromehanika stroitelnyh materialov: zakonomernosti i jeffektivnost upravlenija intensivnost'ju vzaimodejstvija struktur stroitel'nyh materialov so sredoj [Fluid building materials: laws controlling the intensity and efficiency of interaction structures of building materials to the environment]. X akad. chtenija RAASN [10-th academic reading RAASN], Penza-Kazan', 36-46.