

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ БЕТОНОВ

В обзоре рассмотрены наиболее распространенные типы смесительного оборудования для производства современных бетонов. Критерием выбора бетоносмесителя должно стать согласование его производительности с остальным технологическим оборудованием и в зависимости от предполагаемых к производству видов бетона соответствие «стандартному смесителю» по ISO 18650, с учетом его надежности и технологичности.

текст: Александр Черниговский,  
заслуженный машиностроитель РФ

Из всей информации вывод напрашивается только один: для нужд вибропрессования из жестких песчаных смесей существует только двухвальтовый бетоносмеситель. Это аксиома! Другие варианты бетоносмесителей – только теорема. Это ясно! (Типичное заблуждение одного из участников строительного форума)

Российская строительная индустрия после 2-х летней стагнации начинает медленно выходить из кризиса. Наметился рост жилищного и промышленного строительства, и перед многими предприятиями по выпуску железобетонных конструкций и товарного бетона назрел вопрос о модернизации БСУ и повышении качества продукции, особенно в связи с сильно обострившейся конкуренцией на рынке строительных материалов и товарного бетона. В основе современного производства железобетонных конструкций лежит высокотехнологический процесс обработки бетонных смесей. Уровень производства в первую очередь зависит от согласования параметров оборудования, технологических процессов и требований к свойствам смеси. Необходимо тщательно подходить ко всему процессу производства: к приемке материала, его подготовке, разогреву в зимнее время, дозированию материала, перемешиванию, выдаче в производство/транспорт. Ведь если нестабильно работает любой из узлов БСУ, то это в конечном итоге отразится на качестве выпускаемой продукции. И самое главное – это влияние человеческого фактора. В современных системах оно максимально снижено. В этом участвуют система автоматизации, системы измерения влажности, корректировка дозируемых материалов, и также система складского учета, которая не позволяет оператору выпустить бетон с заниженным расходом материалов.

На конечный продукт значительное влияние оказывает тип смесителя, выбор которого для большинства производителей оказывается не простой задачей. В ряде публикаций даются советы по согласованию производительности смесителя с остальным оборудованием, но когда заходит речь о выборе типа смесителя, то в большинстве отечественных журналов публикуются ошибочные или чисто рекламные сведения. При этом приводятся околонучные рассуждения по обоснованию приобретения именно этой модели смесителя.

**Какие типы смесителей можно порекомендовать для применения на различных типах заводов? Как они влияют на производительность и качество?**

Один из первых вопросов, на который вам предстоит ответить, – нужен ли вам хороший смеситель?

При проектировании бетонных и железобетонных конструкций назначают требуемые характеристики бетона: класс (марку) прочности, марки морозостойкости и водонепроницаемости. За проектную марку бетона по прочности на сжатие принимают сопротивление осевому сжатию (кгс/см<sup>2</sup>) эталонных образцов-кубов. Бетон должен быть однородным – это важнейшее техническое и экономическое требование. Для оценки однородности бетона данной марки используют результаты контрольных испытаний бетонных образцов за определенный период времени, имеется в виду, что стандартные образцы твердели в одинаковых условиях в одно и то же время. К сожалению, в отечественных ГОСТах не существует норм, определяющих требования к смешиванию или к однородности бетонной смеси. Некоторые требования к однородности содержатся в ГОСТ 18105-86 (СТ СЭВ 2046-79) «Бетоны. Правила контроля прочности» (раздел 3), но по ним трудно судить об однородности смеси. Что мы получаем по ГОСТ 18105-86? Мы видим, что бетоносмеситель хорошо промешал смесь в объеме 1 дм<sup>3</sup>. А как он ее промешал в меньшем объеме, остается для нас загадкой.

Дремучесть бетонной науки в этом вопросе определяется вовсе не глупостью наших ученых, а скорее наоборот. Дело в том, что для подвижных бетонов, которые составляли большую часть объема производства в СССР, такой методики было вполне достаточно. А более сложные методы определения гомогенности привели бы на практике лишь к дополнительным затратам и, что немаловажно, ошибкам технологов.

Так что вопрос стал актуальным лишь при увеличении объемов производства жестких и особо жестких смесей. Если вы делаете или собираетесь в будущем делать только товарный бетон обычных марок до класса В25, то вам не нужно задумываться о типе смесителя, а больше руководствоваться критериями стоимость–эффективность, ремонтно-пригодность и удобство технического обслуживания. В этом случае оптимальным выбором для вас

будет двухвальный смеситель соответствующей емкости. На сегодняшний день эту нишу занимают китайские производители с их очень низкими ценами. Более-менее приличный двухвальный китайский смеситель с выходом на 1м<sup>3</sup> можно купить в России по цене менее 10 тыс. евро (если хорошо поискать, то можно купить и за 3–4тыс. евро, и если повезет, то его может хватить на сезон). Если же вы собираетесь делать конструкционный бетон хорошего качества, жесткие, а тем более сверхжесткие смеси, которые традиционно используются при вибропрессовании, работать на современных технологических линиях или планируете производить современные бетоны, то нужно очень осторожно подойти к выбору бетоносмесителя.

Появившиеся в последние годы за рубежом бетоны нового поколения, такие как:

- high performance concrete (HPC) – высокопрочный бетон (ВФБ) или бетон с высокими эксплуатационными характеристиками;
- self-compacting concrete (SCC) – самоуплотняющийся бетон (СУБ);
- reactive powder concrete (RPS) – реакционно-порошковый бетон;
- macrodefect free concrete (MDFC) – бездефектный бетон;
- roller-compacted concrete (RCC) – бетон укладываемый катком и др.

– постепенно отвоевывают всю большую часть рынка железобетонных изделий в Европе и Америке. Конечно, все эти бетоны, кроме RPS, можно замесить при помощи лопаты с тачкой – при изрядной доле рвения! – однако такие методы даже в незначительных масштабах сделают бетонное производство нерентабельным. В России в настоящее время даже на самых передовых предприятиях внедрены только первые две современные технологии, и то они занимают не более 2% от общего объема выпускаемой этими предприятиями продукции.

### Методы оценки бетоносмесителей

Процессы перемешивания в бетонной технологии являются стохастическими процессами. Это означает, что любая частица смеси может занимать определенное положение в бетоносмесителе только с известной долей вероятности. Поэтому можно говорить только о квазистационарном состоянии бе-

тонной смеси после длительного перемешивания. Наилучшей смесью является вероятностная однородная смесь. При этом математическое ожидание концентрации соответствующих компонентов смеси в пробах из генеральной совокупности одинаково. Физические и химические процессы препятствуют установлению идеальной вероятностной смеси. Бетоносмесители играют ключевую роль в изготовлении однородного бетона. По принципу работы они делятся на две группы – периодического и непрерывного действия. Ключевой характеристикой для выбора смесителя периодического действия является объем (м<sup>3</sup>), а непрерывного – производительность (м<sup>3</sup>/ч). На рис. 1 показан одновальный смеситель непрерывного действия фирмы **BHS Sonthofen**. Такие смесители непрерывного действия могут иметь производительность от 10 до 600 т/ч. Однако в России они не получили широкого распространения из-за технологических ограничений.



Рис.1. Одновальный смеситель непрерывного действия MFKG

В зависимости от конструкции смесителя периодического действия можно разбить на 3 основных вида: с горизонтальной осью (одновальные и двухвальные миксеры), миксеры с вертикальной осью (чашеобразные, конусные и планетарные миксеры) и миксеры барабана (с барабаном, изменяющим на-

правление вращения, и наклонным барабаном). В России наибольшее распространение получили роторные смесители принудительного действия типа СБ-138, гравитационные (груши), одновальные с горизонтальной осью, двухвальные и планетарные противоточные. Наиболее жесткие требования к бетоносмесителям предусмотрены стандартом С-94, приложение А1 Американского общества по испытанию материалов (ASTM). Приведу некоторые из них:

- бетонная смесь должна быть однородной по составу и консистенции от замеса к замесу;
- однородность производимого бетона, на соответствие требованиям С94 (А1) и состояние смесителя раз в год проверяет государственный инспектор;
- инспектор в процессе производства может взять пробы смеси, составляющие до 10% от полезного объема миксера;
- любой миксер, не удовлетворяющий требованиям стандарта, не может использоваться, пока не будет отремонтирован.

В Европе для оценки смесителей используют требования, содержащиеся в нормативных документах ISO 18650, DIN 459 Part 2 и RILEM Final Report TC150. Приведу основные требования.

Все компоненты, добавляемые даже в очень малых количествах, должны быть зарегистрированы – это позволяет лучше разобраться в их влиянии на качество смеси. Максимальный размер частиц должен также быть учтен, если это возможно при вероятностном подходе. В соответствии с RILEM Final Report TC150 полная масса образца для проверки однородности может быть определена с помощью номограммы. Однородность смеси определяется при помощи распределения составляющих смеси и/или испытательных характеристик генеральной совокупности, с применением среднеквадратического отклонения и коэффициентов разброса. Методы классификации и оценки однородности смеси подробно описаны в документах ISO 18650 и RILEM Final Report TC150. Граничные пропорции качества смеси заданы в таблице 1. Согласно этой классификации смесители бывают трех категорий:

- стандартные,
- производительные,
- высокопроизводительные.

Здесь приняты следующие обозначения:

Таблица 1. Классификация смесителей для бетона

Критерии	Уровень характеристик		
	Стандартный смеситель (SM)	Производительный смеситель (PM)	Высокопроизводительный смеситель (HPM)
w/f	v < 8%	v < 6%	v < 4%
Содержание мелкой фракции f	v < 8%	v < 6%	v < 4%
Содержание фракции от d/2- до d	v < 20%	v < 15%	v < 10%
Содержание воздушных пор	–	v < 2%	v < 1,5%
	–	s < 1%	s < 0,5%

w – содержание воды,  
f – содержание мелкого наполнителя  $d < 0.25$  мм,  
d – максимальный диаметр зерна,  
v – коэффициент разброса,  
s – среднеквадратическое отклонение.

При проведении испытаний свойства свежего бетона определяются по усадке бетонной смеси и содержанию воздушных пор, тогда как свойства затвердевшей смеси – на основании значений предела прочности при сжатии через 7 и через 28 дней. Состав образца и массы отдельных компонентов определяются с достоверностью 95% в соответствии с теорией анализа размера частиц.

Только несколько ведущих мировых производителей выпускают «высокопроизводительные смесители», соответствующие этим требованиям. В таких смесителях обеспечивается максимальное быстродействие при высокой однородности смеси. У меня большие сомнения, что кто-либо из отечественных производителей бетоносмесителей в ближайшие годы попадет в этот список. В большинстве случаев рекламные фразы в проспекте на бетоносмеситель – «предназначен для производства жестких смесей» или «время получения жесткой смеси 50 сек» ничего не означают. Поэтому, если вам действительно необходимо производить жесткие или высокотехнологичные смеси, попросите производителя изготовить эти смеси из ваших компонентов бетона.

### Выбор бетоносмесителя

Наступает момент, когда установленные на БСУ смесители исчерпывают свой экономический или технический потенциал. При этом обычно возникают следующие основные проблемы:

- высокие энергетические затраты и расходы на техобслуживание;
- износ технологического оборудования, обусловленный длительным сроком эксплуатации и высокими нагрузками;
- используемый смеситель не в состоянии в разумное время производить специальные бетоны, бетон на легких или тяжелых заполнителях (высокая неоднородность смеси);
- недостаточная выходная мощность в часы пиковой нагрузки.

При выборе бетоносмесителя помимо требования согласования его характеристик с остальным технологическим оборудованием покупателя обычно выделяют несколько обязательных качеств смесителя. Таких как:

- короткий цикл перемешивания и высокая часовая производительность;
- универсальность производимых смесей — возможность смешивания бетона с максимальным размером фракций до 180 мм;
- возможность работы в сложных условиях, например, возобновление работы в заполненном со-

стоянии в случае отключения электросети, разгрузка в аварийной ситуации без дополнительных гидравлических узлов;

- хороший эффект смешивания при неполной загрузке или перегрузке;
- надежность и долговечность.

Аналогичные желания и у тех, кто впервые приобретает новые БСУ.

Безусловно, высокопроизводительные смесители обладают высокой прочностью, чрезвычайно высоким сроком службы. Характерная их черта — малая степень износа брони (многие дают гарантию на 5 лет), твердость которой у мировых лидеров может достигать 800 HV.

Если вы обладаете необходимыми финансовыми ресурсами и собираетесь выпускать в основном высокотехнологичный бетон, то вам действительно необходимы такие смесители. Следует только уточнить, какая комплектация вам нужна. В противном случае это будет напоминать покупку суперкомпьютера для маленькой дочки, для того чтобы она на нем поиграла в шарики.

Для производства товарного бетона высокого качества в России в основном используют одновальный горизонтальный смеситель **ELBA** (рис. 2), кольцевой тарельчатый смеситель с одним или двумя завихрителями фирмы **Liebherr** (рис. 3) или кольцевой лотковый смеситель с завихрителями фирмы **Teka**, двухвальные горизонтальные смесители с объемом уплотненного бетона на выходе от 0,5 до 3 куб. м для одновального и тарельчатого смесителя и от 1 до 4,5 куб. м для двухвального смесителя.



Рис. 2 Одновальный смеситель ELBA

Одновальные смесители бывают оснащены различным перемешивающим инструментом, например, «двойная спираль» (рис. 2) и отлично зарекомендовала себя на протяжении последних десятилетий, так как позволяет работать с коротким циклом перемешивания и получать однородность бетонной смеси при высокой часовой производительности.

Для получения однородной смеси за короткий промежуток времени фирма **Liebherr** предлагает кольцевой тарельчатый смеситель с одним или двумя завихрителями с механическим приводом. В зависимости от цели применения используются различные завихрители смесителей. Кольцевые тарельчатые смесители с гидравлическим приводом особенно эффективны, когда в процессе приготовления смеси требуется изменять скорость вращения лопастей мешалок. Частота вращения завихрителей может бесступенчато регулироваться, а направление вращения – меняться на противоположное. В процессе загрузки и выгрузки материала каждый завихритель вращается с частотой холостого хода. Привод завихрителей осуществляется отдельно от гидравлического агрегата.



Рис. 3. Кольцевой тарельчатый смеситель фирмы **Liebherr**

Основными достоинствами этих смесителей является простота конструкции и высокая надежность, невысокая стоимость, хороший доступ изнутри и снаружи для проведения ремонтно-технических работ, быстрый, простой и недорогой уход и ремонтное обслуживание основных узлов. Однако на смеси-

телях такого типа трудно получить хорошую однородность в микрообъемах для мелкозернистых бетонов. В высокопроизводительных смесителях такого типа дно и стенки смесительного лотка защищены от износа сменной футеровкой. В зависимости от варианта применения футеровка (броней) бывает изготовлена на выбор заказчика из специального стального листа, специальной хромоникелевой стали, хромоникелевого отбеленного чугуна, композитных броневых листов, материала Hardox 500, керамики с окисью алюминия. Месильные стержни, сменные манжеты для защиты месильных стержней от износа и скребки могут изготавливаться из различных материалов на выбор заказчика: отбеленного чугуна W4, с покрытием из твердых сплавов, полиуретановых эластомеров, отбеленного чугуна (SPIKE) со штифтами из твердого сплава и т. п. За высокое качества приходится больше платить.

Однако для производства некоторых видов высокотехнологичных бетонов и сверхжестких смесей рекомендуется использовать двухвальные или планетарные противоточные смесители.

### Двухвальные смесительные установки

Наиболее качественные высокопроизводительные двухвальные смесители выпускают американские, немецкие и итальянские фирмы, такие как **Besser**, **Simem**, **Sicoma**, **BHS Sonthofen**, **Stetter** и некоторые другие. В России из зарубежных двухвальных смесителей наиболее распространены смесители фирм **Simem** и **Sicoma** и их китайские аналоги.

На рис. 4 показана схема двухвального смесителя **Simem**. Корпус двухвального бетоносмесителя **Simem** полностью защищен изнутри специальной износостойкой броней. Процесс перемешивания осуществляется чугунными лопатками, форма которых обеспечивает оптимальное потокообразование и сводит до минимума износ деталей смесителя.

В концепцию двухвальных смесителей ведущих производителей заложена не только высокая производительность, но и обеспечение высокого уровня надежности в течение длительного срока эксплуатации. Так, например, у смесителя **Simem** приводимые в действие электрическими моторами двухступенчатые планетарные редукторы (КПД 94%) соединены с главными валами посредством шарнирных соеди-

нений, что фактически исключает передачу усилия со смесительных валов на выходные валы редуктора. Подшипники валов смесителя установлены в специальных, изолированных от бетона фланцевых корпусах и защищены от попадания бетона.

Система **Mixer Mind** спроектирована специально для автоматической диагностики смесителя и контроля за периодичностью его технического обслуживания.

**Mixer Mind** позволяет контролировать температурный режим моторов и редукторов, а также температуру и давление масла в автоматической системе смазки. Параллельно система следит за периодичностью техобслуживания этих частей смесителя. Уплотнительные узлы валов смесителя имеют специальные металлические и резиновые прокладки и подключены к системе централизованной автоматической смазки. Специальная конструкция рычагов смесителя позволяет менять их конфигурацию в зависимости от фракции заполнителей. Эта особенность позволяет повысить качество перемешивания. При применении мелкофракционных заполнителей рычаги выставляются под углом 45 градусов, при приготовлении бетона из стандартных заполнителей рычаги выставляются под углом 90 градусов, а при использовании заполнителей крупных фракций рычаги выставляются под углом 180 градусов.

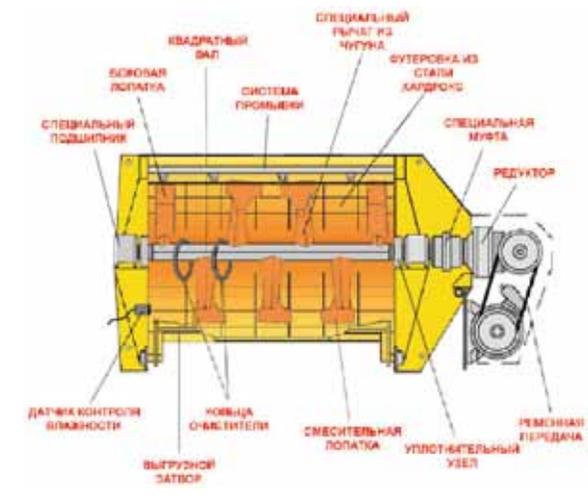


Рис. 4. Схема двухвального смесителя **Simem**

Разгрузочный затвор оснащается 2 или 3 (по необходимости) индуктивными конечными выключателями, положение которых может быть отрегулировано на специальной направляющей. Они обеспечивают возможность плавного управления потоком бетона при разгрузке. Разгрузочный затвор защищен сменными броневыми пластинами, которые имеют унифицированные крепления и размеры, что позволяет менять их местами, увеличивая тем самым срок службы комплекта.

Аналогичные принципы смещения и обеспечения надежности работы смесителей и у других ведущих производителей. На рис. 5 представлен двухвальный смеситель фирмы **Sicoma**. Конструкция корпуса позволяет устанавливать дозирующее оборудование непосредственно на раму бетоносмесителя, без использования дополнительных опорных конструкций.

Одним из основных достоинств двухвальных бетоносмесителей **Sicoma** является уникальная тройная уплотнительная система валов. В отличие от классической «лабиринтной» системы уплотнения, для которой характерен большой расход смазочных материалов, **Sicoma** применила запатентованную конструкцию, работающую по принципу клапана. Смесительные агрегаты двухвального бетоносмесителя создают встречные винтовые потоки частиц сырьевых материалов, которые в результате, двигаясь не только в горизонтальной плоскости, но и в вертикальной, с высокой эффективностью перемешиваются в центральной части. Поскольку смешивание происходит не в зоне близкой к броне, а в объеме между валами бетоносмесителя, износ брони ощутимо снижается.

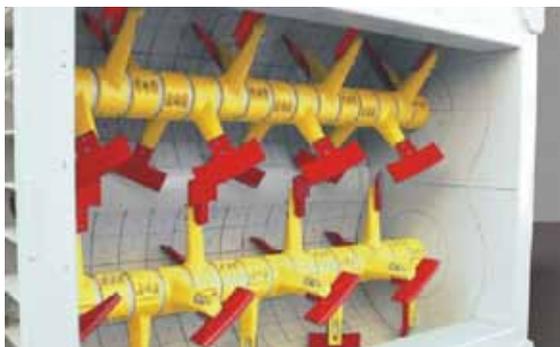


Рис. 5. Двухвальный смеситель фирмы **Sicoma**

Сменная износостойкая броня изготовлена из чугуна марки **Ni-Hard**, прочностью 500 НВ. Рычаги бетоносмесителя также изготовлены из чугуна и имеют форму, максимально предотвращающую налипание бетона. Они установлены через 90 градусов, для снижения перепадов нагрузки на смесительные валы. Для придания бетоносмесителю герметичности его секторный затвор имеет двухрядные резиновые уплотнения. Скорость разгрузки бетоносмесителя можно регулировать, открывая затвор не полностью, а в одно из трех регулируемых промежуточных положений. Бесконтактный датчик и клапан сброса давления (на гидростанции) дают возможность системе управления определить разницу между полным и неполным закрытием. Управление выгрузным затвором осуществляется от отдельной гидростанции, которая имеет возможность ручного дублирования, для выгрузки бетоносмесителя в случае отсутствия электроэнергии.

Упрощенные и соответственно более дешевые аналоги бетоносмесителей этих фирм выпускают китайские производители. На рис. 6. показан бетоносмеситель **Sicoma** серии МАО производимый фирмой **Ca-Long**. Большинство китайских фирм «дорабатывают» европейские смесители и продают их под своей маркой. Поэтому позволю себе процитировать выдержки из интересной переписки с представителем китайского завода Ляньчун. Немного подправил орфографию.

«Вы правильно понял наш техники это точно из итальянской но мы копируем с умом: например, мы спонировали итальянский образец. Когда мы его получили, то обнаружили, что в процессе смешения из него вытекает смесь. На нашей версии оборудования мы эту проблему устранили. (Речь идет о китайских двухвальных бетоносмесителях серии JS – это копия с итальянских **Sicoma**). Так китайский республика инвестировать в двухвалковые смесители, это техника из Германии, а потом тоже в итальянский **Sicoma**, и сейчас нам тоже можно продавать Сикомы но не советую, потому что если купить Сикомы когда его деталь не работает будет трудно, а свой бетономешалка то можно быстро ремонт».



Рис. 6. Смеситель серии МАО фирмы **Ca-Long**

У меня большие сомнения, что упрощенный вариант бетоносмесителей китайского производства соответствует критериям «высокопроизводительных смесителей», но к «стандартным смесителям» их, безусловно, можно отнести. Из российских двухвальных бетоносмесителей можно отметить СБ-163 Новосибирского завода Эталон и БП2Г-750 НПТЦ «Квадр». Смесители БП2Г, как и СБ-163 (рис. 7), в основном предназначены для эффективного приготовления сверхжестких, жестких и подвижных бетонных смесей (с жесткостью Ж1-Ж4 и подвижностью П2-П4 по ГОСТ 7473-85), растворных смесей на основе минеральных вяжущих и применяются в составе технологических комплексов. И хотя корпус смесителей СБ163 защищен легкозаменяемой ячеистой, радиальной и торцевой броней из шведской износостойкой стали **HARDOX R450-500**, а лопатки изготовлены из стали **HARDOX 600**, технология их изготовления не обеспечивает однородность смеси по составу и консистенции от замеса к замесу за одинаковое время. Кроме того, по стоимости им трудно конкурировать с китайскими аналогами европейских смесителей.

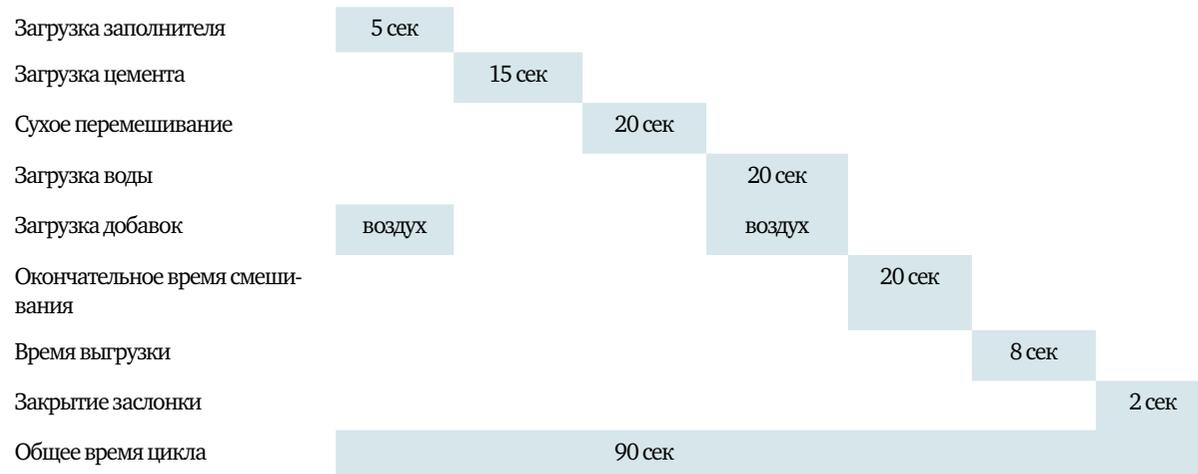


Рис. 7.  
Новосибирский бетоносмеситель СБ163АМ

Основным недостатком двухвальных бетоносмесителей является трудность очистки рабочих поверхностей и лопаток и более высокий износ брони и лопастей бетоносмесителей.

### Типовой цикл приготовления товарного бетона

Хотя общее время цикла двухвальных смесителей зависит от скорости загрузки, а также от типа изготавливаемого бетона, обычно они производят замес подвижного конструкционного бетона или товарную бетонную смесь меньше чем за 90 сек, изготовление жестких смесей занимает немного больше времени, хотя большинство фирм не рекомендует двухвальные смесители для этих смесей из-за налипания на валах. Заметим, что некоторые добавки требуют дополнительного времени смешивания. Диаграмма, приведенная ниже, предполагает, что заполнители находятся в дозаторах или бункере и готовы для выгрузки. Заметим, что краситель добавляется перед водой; это важно для быстрого и надлежащего смешивания. Короткое общее время цикла позволяет модернизировать многие заводы для выпуска двойной продукции только заменой смесителя, в сравнении с добавлением второго миксера, который требует дополнительных конвейеров, загрузочных бункеров, саморазгружающихся кубелей и часто подъема силосов.



### Планетарные бетоносмесители

Планетарный бетоносмеситель является циклическим смесителем, рабочие органы которого совершают сложное движение в тарельчатой емкости.

Одним из основных отличительных элементов конструкции планетарного (противоточного) бетоносмесителя являются смесительные звезды, которые вращаются вокруг вертикального вала бетоносмесителя и относительно своей оси одновременно. В результате такого движения закрепленные на звездах рычаги с лопатками осуществляют интенсивное перемешивание всего объема смеси, исключая возникновение мертвых зон, а вращение боковых скребков препятствует образованию наростов на внутренней поверхности корпуса бетоносмесителя. Такая схема перемешивания позволяет менее чем за 30 секунд после добавления воды, получить качественный бетон практически любых марок. Производительность некоторых планетарных бетоносмесителей превышает производительность двухвальных бетоносмесителей того же объема, так как позволяет резко снизить время перемешивания сухих компонентов.

Планетарные смесители являются превосходным решением в изготовлении бетонной смеси для производства тротуарной плитки и бордюрных камней, пустотелых блоков, бетонных труб и колодцев. Благодаря высокой интенсивности перемешивания планетарные смесители особенно подходят для производства бетона с низким водоцементным соотно-

шением – жесткой и сверхжесткой бетонной смеси. На российском рынке высокопроизводительные планетарные смесители, выпускаемые только некоторыми зарубежными фирмами такими как **Schlosser-Pfeiffer**, **Sicoma**, **Simem**, **Skako**, **Teka**, **Pemat**, **WIGGERT + Co** и некоторые другие. Наиболее интересные решения у смесителей серии **SM Schlosser-Pfeiffer**. (рис. 8.)



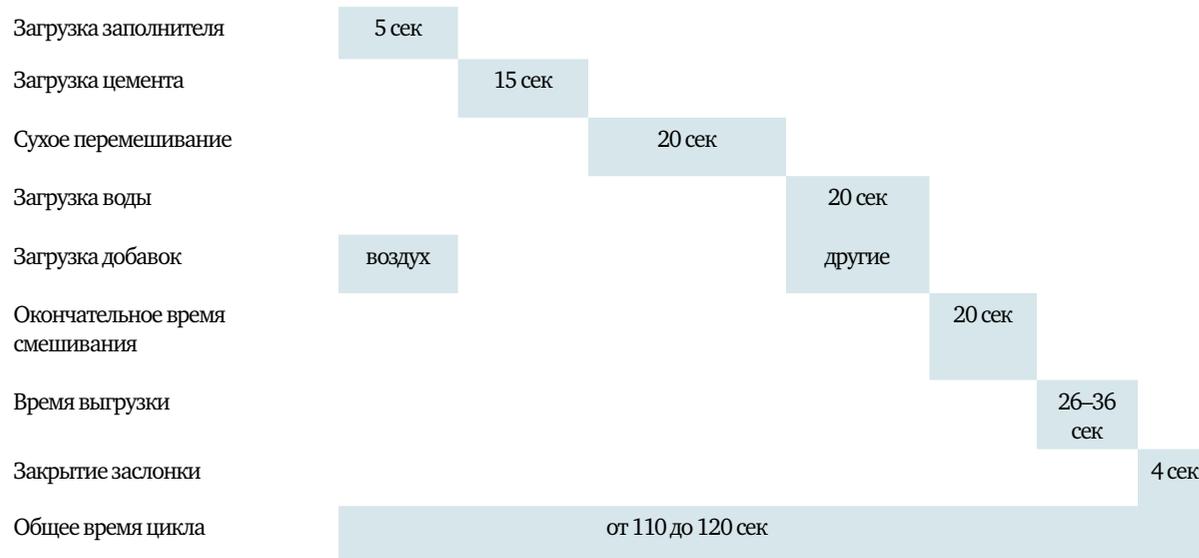
Рис. 8. Смеситель серии SM Schlosser-Pfeiffer

В соответствии с ISO 18650 коэффициент разброса (вариационный коэффициент) бетонной смеси смесителей серии SM равен 1,7% (стандартный смеситель меньше 7,5%)! Основное отличие этих смесителей от большинства конкурентов – высокий резерв мощности и отдельный привод, что позволяет производить остановку и повторный запуск смесителя без выгрузки замеса из смесителя. Центральный привод вращает через редуктор рабочий диск. В зависимости от типа смесителя центральный привод имеет 1 или 2 электродвигателя. На вращающемся рабочем диске децентрализованно размещены четырехлопастные звездочные мешалки. Все электродвигатели размещены над смесителем, тем самым они защищены и легко доступны для технического обслуживания. Такого же уровня смесители серии **Apollo** датской фирмы **Skako** и новый смеситель **Xentrix 6** рис.9 итальянской фирмы **Simem**.

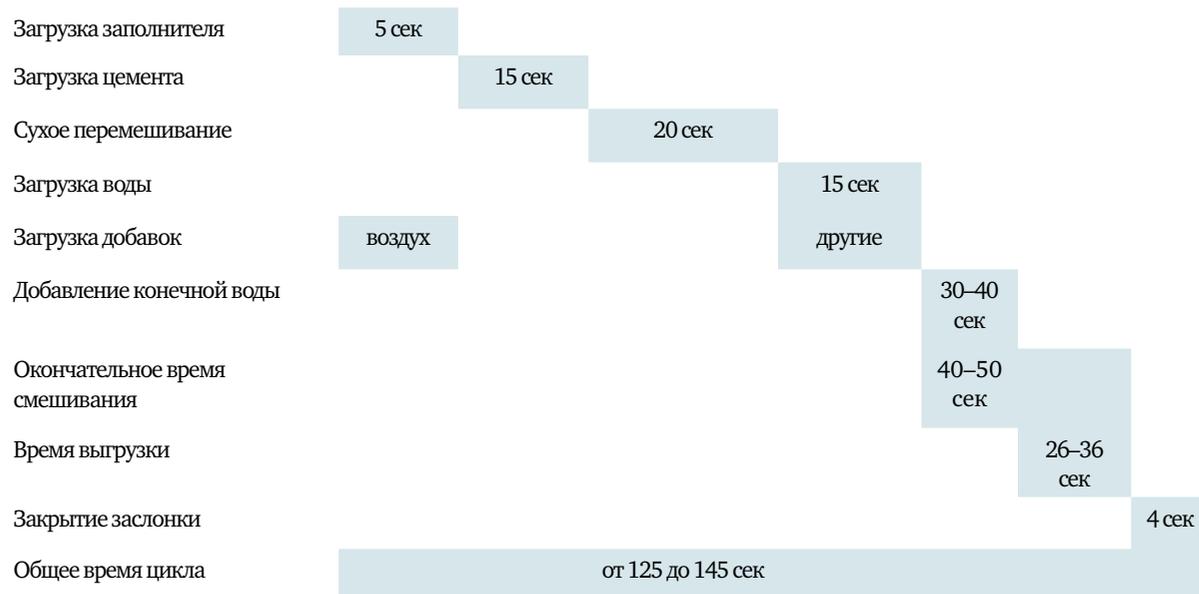


Рис. 9 Xentrix 6 фирмы Simem

### Цикл влажного смешивания (типовой)



### Цикл полусухого смешивания (окончательная вода добавляется при наблюдении за влажностью смеси)



Однако стоимость таких смесителей в нормальной комплектации сравнима со стоимостью интенсивных смесителей фирмы **Eirich**, выпускающей одни из лучших в мире смесителей, что, правда, сказывается и на их цене. Для приготовления высокотехнологичных бетонов у многих производителей появились такие функции, как изменяемая скорость звезд и лопаток, что создает перемещающиеся области положительного и отрицательного давления и это позволяет избежать появления мертвых зон и увеличивает скорость смешивания. Держатели лопаток настраиваются по высоте. Они регулируются в каждом отдельном случае и выполнены из специальных материалов. Чем точнее настройка и установка элементов перемешивания, тем меньше их износ и выше эффект перемешивания смеси. Кроме того, это защищает приводы от динамической нагрузки. Эти смесители используются не только для производства бетонных смесей с различными инертными материалами, пигментами и химическими добавками, но и для перемешивания других материалов, как, например, глина, силикаты, шлаки или металлургические порошки. Немного им уступают смесители остальных компаний, но в более дешевом исполнении. В отличие от многих производителей, использующих в конструкциях своих бетоносмесителей универсальные редуктора, компания **Sicoma** разработала специальный редуктор с большим горизонтальным картером для масла. Такое конструктивное решение обеспечивает качественную смазку зубчатых колес редуктора и улучшенное охлаждение масла, что, в свою очередь, позволяет повысить надежность редуктора при включении заполненного материалами смесителя и избежать перегрева масла при длительной работе.

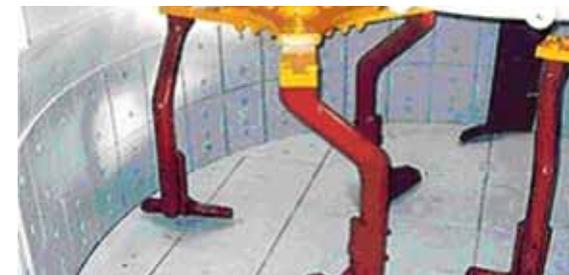


Рис. 10. Планетарный смеситель компании **Sicoma**

К основным достоинствам планетарных смесителей помимо высокого качества смешения практически любых смесей можно отнести: простое управление, низкие затраты при техобслуживании, низкие производственные и энергозатраты, короткое время перемешивания и оптимальное промешивание замеса, равномерность распределения цветных пигментов, образование однородной смеси из мелкодисперсных заполнителей. К недостаткам можно отнести более высокую стоимость, чем у двухвальных смесителей и достаточно дорогой ремонт, в случае замены планетарной звездочки.

### Типовой цикл приготовления бетона

Обычно планетарные смесители производят замес влажного бетона меньше чем за 120сек. При полусухой формовке блоков и кирпичей смешивание занимает немного больше времени, в зависимости от типа используемой системы дозирования влажность/вода. Заметим, что некоторые добавки требуют дополнительного времени смешивания. Диаграмма, приведенная ниже, предполагает, что заполнители находятся в скипе или бункере дозатора и готовы для выгрузки. Заметим, что предварительное смешивание выполняется перед заливкой воды; это важно для быстрого и однородного смешивания. Смеситель обычно разгружается за время от 30 секунд для повторной загрузки до 40 секунд для полной очистки при работе с красителями.

### Смеситель интенсивного действия

Смеситель интенсивного действия **Eirich** (рис. 11) известен во всем мире. Он пришел на смену кольцевому смесителю (1906) и планетарному смесителю (1924) и в процессе своей модернизации стал синонимом к понятию оптимальная смесительная техника. Его основным достоинством является разделение процесса транспортировки смешиваемого материала и процесса смешивания, что позволяет изменять внесение энергии в смесь в широких пределах. Скорость смесительного инструмента может варьироваться от быстрой до медленной. Внесение энергии в смесь может целенаправленно регулироваться. Возможны различные процессы смешивания. Например, режим «медленно – быстро – медленно». В зависимости от требований смесительный резервуар может быть установлен горизонтально или под углом.



Рис. 11. Интенсивный смеситель **Eirich**

Преимущества для смешиваемого материала: при высокой скорости вращения смесительного инструмента

- волокна оптимально вмешиваются;
- пигменты полностью растираются;
- мелкая фракция оптимально вмешивается;
- получается суспензия с высоким уровнем содержания твердых веществ.

При средней скорости вращения смесительного инструмента достигается высокое качество смешиваемых масс. При низкой скорости вращения смесительного инструмента легкие добавки или вспениватели вмешиваются в щадящем режиме. Смеситель смешивает без расслоений благодаря универсальной системе смешивания, которая позволяет полностью переворачивать материал в течение одного оборота смесительного резервуара. В смесителе предусмотрены:

- контроль уровня с помощью ультразвука, технических данных двигателя или электромеханических зондов, путем перенятия усилий;
- датчики для измерения влажности и температуры;
- очистительные устройства для смесительной камеры (сухой или влажной чистки);
- контроль вращения смесительного резервуара и смесительных инструментов.

### Конусный бетоносмеситель

Фирма **Kniele** предложила новый принцип замеса, который основан на конусообразной форме корпуса миксера (рис. 12) и обеспечивает благодаря движению лопастей в противоположном направлении получение гомогенной массы за очень короткое время.



Рис. 12. Конусный миксер **Kniele**

В конусообразном корпусе миксера на центральной оси коаксиально установлены две лопасти. Одна из лопастей представляет собой цилиндрический или конический шнек или шнекообразно установленные лопатки, вторая лопасть состоит из рычагов и лопаток, которые при замесе скользят по поверхности корпуса миксера, соприкасающейся с материалом. Центральная двигающаяся лопасть-шнек подает материал в вертикальном направлении, при этом происходит вращение подаваемого материала. Внешний рычаг второй лопасти движется в направлении обратном этому вращению.

Благодаря этим противоположно направленным и поперечным по отношению друг к другу потокам достигается достаточно сильное сквозное вихревое дви-

жение всей массы и связанное с этим быстрое и интенсивное перемешивание.

### Автоматизация процесса смешивания

Производство новых высокотехнологичных смесей требует жесткого контроля за всем процессом приготовления смеси. Фирма **Eirich** лидирует в этом направлении. Нестабильность свойств сырья и цемента сказывается на качестве бетонных смесей, в результате возрастает процент брака, что влечет за собой убытки производителей. Дозировочная и смесительная техника позволяют в определенной мере снизить долю брака, путем адаптации технологических параметров и рецептуры к особенностям сырья.

Однако это возможно только при своевременном получении информации о качестве смеси. Системы измерения, позволяющие быстро и надежно определять и анализировать характеристики смесей в ходе их приготовления, в настоящее время отсутствуют. И сегодня контроль качества сводится, как правило, к оценке смеси по внешнему виду или путем ручного отбора и прощупывания пробы. Лабораторные методы занимают слишком много времени, в течение которого бетонная смесь уже поступает на производство. Высокоточные цифровые датчики влажности (типа **Hydro-Mix VII**) дают информацию о влажности и готовности бетонной смеси, но не о консистенции и удобоукладываемости.

Традиционно используемые сегодня методы оценки консистенции смеси путем измерения нагрузки на двигатель и смесительные видеокамеры, предназначенные для визуальной оценки смешиваемого материала, не дают надежных результатов. Для товарного бетона датской фирмой **SKAKO** был разработан, встраивается реометр **Viscoprobe** (рис. 13). Измерения проводятся в бетоносмесителе, в который встраивается реометр, выдающий количественную индикацию пороговых величин и динамическую вязкость бетона в ходе замеса. Фактически измеренное усилие есть, главным образом, сопротивление движению вперед, которое является функцией консистенции бетона и не зависит от трения лопаток об облицовочные пластины, эффективности редуктора и двигателя или от других факторов. **Viscoprobe** передает сигналы по модему на компьютер, то есть его можно без труда установить в большинстве промышленных планетарных или барабанных смесителей.

**Viscoprobe** открывает двери онлайн контро-

лю внутри смесителя на предмет удобоукладываемости СУБ. Помимо **Hydro-Probe II** (микроволновый аппарат контроля влажности в песке на этапе дозирования) и **Orbiter** (микроволновый аппарат контроля влажности в бетоне на этапе приготовления замеса), **Viscoprobe** дополняет собой ряд контрольно-измерительных приборов **Couvrot**, предназначенных для контроля стабильности процесса производства высокотехнологичного бетона на заводах, выпускающих товарную бетонную смесь, а также для заводов сборного железобетона.



Рис. 13. **Viscoprobe**, установленный на смесительной звездочке планетарного смесителя **Couvrot**

### Двухшаговые смесительные системы.

Дискуссии по поводу качества сухого (из сухих смесей) и влажного способа приготовления бетона ведутся во многих странах уже на протяжении многих лет, поэтому несколько компаний (**IME, IMER, OMG-SICOMA**) провели сравнительные исследования свойств бетона (однородность, удобоукладываемость, стабильность и подвижность) с использованием планетарных и двухвальных смесителей этих фирм в итальянском Институте бетонных технологий. Для получения достоверных результатов испытания проводились на четырех различных видах бетона консистенции от S3 до S5, без использования добавок в разное время года. Все образцы, изготовлен-

ные влажным способом, превысили заданную прочность и лишь 32% образцов, изготовленных сухим способом, достигли заданной прочности. При одинаковом в/ц отношении у бетонов, произведенных влажным способом, удобоукладываемость оказалась лучше и степень гидратации выше при полной воспроизводимости рецептуры смеси для обоих способов.

В последние годы итальянской фирме **O.CUOGNI** и немецкой фирме **FML Concretec GmbH** удалось на практике доказать эффективность отдельной (двухшаговой) процедуры приготовления товарного бетона. Эта технология заключается в приготовлении на первом этапе суспензии вяжущего, к которой затем подмешиваются заполнители. Этот процесс позволяет производить гомогенизированную бетонную смесь из двух компонентов в течение очень короткого промежутка времени.

В высокоскоростном смесителе скопления вяжущего вещества (цемент, летучая зола, известковая мука и т. д.) отделяются друг от друга в процессе смешивания и равномерно распределяются в суспензии. Благодаря конструктивной внутренней форме и высокой скорости вращения лопастей в смесителе (порядка 1400 об/мин) достигается большое усилие среза и кавитации. Эти преимущества обеспечивают не только растворение частиц вяжущего, но и их измельчение и полную гидратацию вяжущего. Автоматика проверяет и обрабатывает значение влажности, которое измеряется датчиками влажности, и значение в/ц эмульсии в смесителе. Водоцементное соотношение не должно быть ниже 0,3. Алгоритм автоматической системы построен таким образом, что одновременно происходит дозирование щебня и песка в автобеносмесителе и смешивание цемента, воды, добавок (влажность песка компенсируется при подаче воды в смеситель). Основное отличие двух систем состоит в том, что у компания **FML Concretec** необходимая для производства бетона вода предварительно обрабатывается в электромагнитном поле, при этом временно высвобождаются соединения водорода. Переработанная и изменившая структуру и реактивность «более мягкая» вода затем направляется в коллоидный смеситель (рис. 14). Обе компании обещают сокращение расходов при производстве товарного бетона на 10%. В настоящее время обе системы работают в нескольких странах. В Институте сборного строительства и домостроения в Веймаре (IFF) ведутся работы по оптимиза-

ции технологии **FML Concretec** для производства труб, пустотных плит, брусчатки и бордюрного камня.

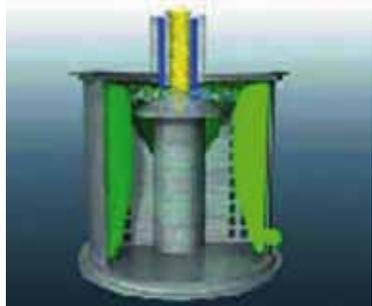


Рис. 14. Ротор в коллоидном смесителе

### Комплектация смесителей

Некоторые смесители можно приобретать в полной их комплектации с дополнительными скиповыми подъемниками, дозаторными бункерами и весами. Если все эти компоненты высокого качества, тогда производительность завода в соответствии с требованиями качества гарантирована. Так, итальянская фирма **Ocmer Grandi Impianti** оснастила свой планетарный смеситель **Ocmix SF** полным набором таких устройств (рис. 15), включая систему измерения влажности в смесителе и струйные форсунки для очистки смесителя. Все эти элементы являются сборными, поэтому их монтаж производится достаточно быстро.



Рис. 15. Полностью укомплектованный планетарный миксер **Ocmix SF**

### Выводы

1. Для получения современных высокотехнологичных бетонов необходимы «высокопроизводительные смесители», оснащенные датчиками для контроля влажности и температуры смеси с регулируемой скоростью вращения смесительного инструмента.

2. Давно назрел пересмотр и разработка нового стандарта по бетону и железобетону вместо ГОСТ 18105, а оценка однородности смеси должна вестись на основе международных нормативных документов ISO 18650, DIN 459 Part 2 и RILEM Final Report TC150.

3. При выборе смесителя лучшей рекомендацией может быть соответствие его характеристик «высокопроизводительным смесителям».

4. Бытующее во многих публикациях мнение о том, что жесткие и тем более сверхжесткие смеси можно делать только на двухвальных смесителях, ошибочно. Большинство зарубежных фирм не рекомендует использовать двухвальные смесители для этих смесей из-за налипания на валах.

5. При выборе нового смесителя необходимо согласование его производительности с остальным технологическим оборудованием, и в зависимости от предполагаемых к производству видов бетона и финансовых возможностей следует приобретать смесители, хотя бы соответствующие «стандартному смесителю» по ISO 18650, с учетом его надежности и технологичности.

Хотелось бы надеяться, что приведенный обзор поможет производителям бетона при выборе нового бетоносмесителя. При составлении обзора использовались рекламные материалы производителей рассмотренных здесь бетоносмесителей.

Автор будет благодарен читателям за любые критические замечания к данной статье.

E-mail [vnp@mail.ru](mailto:vnp@mail.ru) , [www.gbki.ru](http://www.gbki.ru)

Прокомментировать статью или высказать свою точку зрения по данному вопросу вы можете на сайте журнала – [www.gbi-magazine.ru](http://www.gbi-magazine.ru)