

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлургия и литейное производство»

В. М. Карпенко, Е. В. Филипенко

**ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ
(СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ)**

**КУРС ЛЕКЦИЙ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 02 01
«Машины и технология литейного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2011

УДК 621.74.06:658.2(075.8)
ББК 34.61я73
К26

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 15.06.2010 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Обработка материалов давлением»
ГГТУ им. П. О. Сухого *Ю. Л. Бобарикин*

Карпенко, В. М.

К26 Оборудование литейных цехов (смесеприготовительное оборудование) : курс лекций по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» днев. и заоч. форм обучения / В. М. Карпенко, Е. В. Филипенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 72 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-976-0.

Содержит описание смесеприготовительного оборудования литейных цехов, характеристику современных типов смесителей, разрыхлителей, аэраторов, гомогенизаторов.

Для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» дневной и заочной форм обучения. Может быть использовано студентами в курсовом и дипломном проектировании при разработке конструкторской и специальной частей.

УДК 621.74.06:658.2(075.8)
ББК 34.61я73

ISBN 978-985-420-976-0

© Карпенко В. М., Филипенко Е. В., 2011
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2011

1. КЛАССИФИКАЦИЯ СМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Технологические свойства формовочных смесей зависят от равномерности распределения связующего по объему смеси, а также от того, насколько равномерно зерна песка покрыты оболочкой связующего. Чем равномернее составляющие распределены в смеси по ее объему, тем более высокими технологическими свойствами обладает формовочная смесь. Равномерность распределения составляющих смесей и создание оболочек связующего вокруг зерен песка достигаются в процессе смешивания.

Процесс смешивания формовочных материалов условно можно разделить на два этапа: смешивание составляющих смеси и обволакивание зерен песка связующим.

В процессе смешивания механизм смесителя создает по всему объему организованный поток составляющих смесей. Внутри этого потока отдельные частицы, соударяясь, движутся беспорядочно. При таком движении отдельные составляющие смеси распределяются между собой более или менее равномерно в зависимости от времени смешивания, конструкции смесителя, скорости их движения и т. д.

В соответствии с существующими положениями смесеприготовление представляет собой совокупность разнонаправленных деформаций, среди которых можно выделить:

- 1) образование в массе смеси скользящих друг по другу слоев (плоскостей) – сдвиговые деформации (срезающее смешивание);
- 2) перемешивание групп (микрообъемов) частиц из одного положения в другое – конвективное смешивание;
- 3) перемена позиций отдельными частицами, переходящими из слоя в слой – диффузионное смешивание;
- 4) рассеяние частиц при соударении или ударах о стенки смесителя – ударное смешивание;
- 5) деформация и растирание слоя смеси и отдельных частиц – измельчение или разрушающие деформации.

Первые четыре вида деформаций играют положительную роль. Последний, как правило, является следствием несоблюдения оптимальных параметров длительности перемешивания компонентов. Наиболее эффективен тот процесс смесеприготовления, который сочетает в себе все виды смешивания и исключает деформации разрушения.

В каждой смесеприготовительной установке основным агрегатом является смеситель. По характеру работы смесители подразделяют на периодического действия и непрерывного действия.

В смесителях периодического действия материал смешивается отдельными порциями (замесами). Каждая новая порция может быть загружена в смеситель лишь после выгрузки из него предыдущего замеса. В смесителях непрерывного действия загрузка, смешивание и выгрузка готовой смеси ведутся одновременно и непрерывно. Эти машины более производительны и экономичны по сравнению со смесителями периодического действия. Такие смесители наиболее полно отвечают требованиям полной автоматизации процесса приготовления смеси.

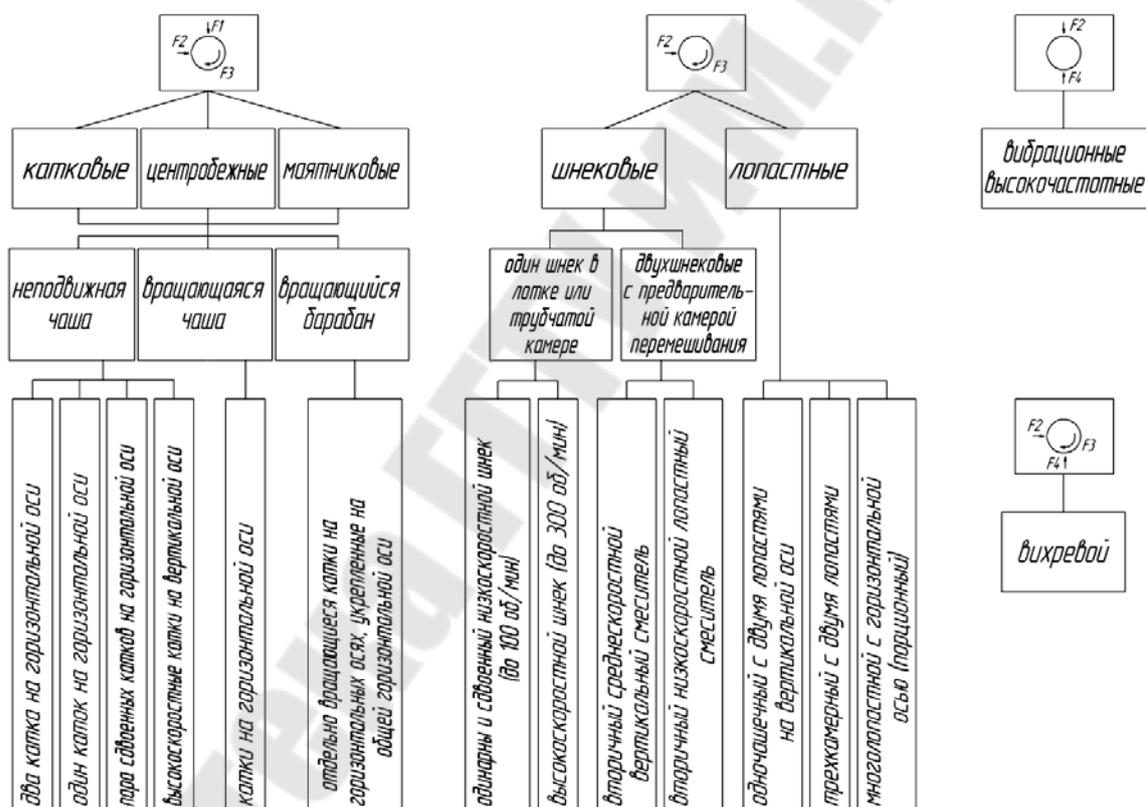


Рис. 1. Классификация смесителей по типу воздействия на частицы наполнителя

По конструктивным признакам смесители подразделяют на катковые, центробежные (маятниковые), лопастные, барабанные. Для получения песчано-глинистых смесей наиболее часто применяют катковые (бегуны с вертикальными катками) и центробежные смесители. Для получения холоднотвердеющих смесей чаще используют лопастные или шнековые смесители.

Все разнообразие известных и применяемых в той или иной мере смесителей можно классифицировать по виду воздействия рабочего органа на частицы перемешиваемого материала (рис. 1).

1.1. Катковые смесители

В смесителях данного типа на смесь воздействуют массивные вращающиеся катки. При этом смесь сжимается и частично выдавливается из-под катка, глинистая составляющая под воздействием катка деформируется и распределяется в объеме смеси. Из-под катков смесь попадает на плужки, которые, подымая ее, вновь подают на каток. Плужки также перемешивают смесь, переворачивая ее, тем самым улучшая распределение компонентов во всем обрабатываемом объеме. Большое значение для получения качественной смеси имеет расположение катков и плужков, а также зазор между движущимися частями и чашей. Ряд моделей оснащен регулируемыми плужками и специальными пружинами или механизмами, обеспечивающими изменение нагрузки на катки.

Смесители данного типа используются для периодического приготовления песчано-глинистых смесей как в цеховых лабораториях, так и в крупных смесеприготовительных системах. В настоящее время это самый используемый тип смесителей в отечественных литейных цехах.

Катковые смесители (бегуны) имеют неподвижную чашу 1 (рис. 2) и два гладких катка 2 (посаженных на оси 4), которые катятся по слою смешиваемого материала вокруг центрального вертикального вала 3. С помощью плужков 5 и 6 смешиваемый материал направляется под катки. Катки смонтированы на кривошипах таким образом, что при падении под них случайных твердых предметов могут приподниматься и пропускать последние.

Между катками и днищем чаши имеется регулируемый зазор (до 25 мм), который предотвращает дробление катками песчаных зерен смеси. Готовый замес выгружается из смесителя через окно 7 в днище чаши. Загрузка исходных материалов и выгрузка смеси осуществляются периодически.

В зарубежной практике распространены катковые смесители с резиновыми катками с пневматической камерой.

Днище и борта чаши также облицовывают резиновыми пластинами. Такое исполнение дает хорошее смешивание в результате большого коэффициента трения резины и высокую производитель-

ность. Срок службы таких катков и чаши больше, чем катков в обычном металлическом исполнении.

Смесители данного типа используются для периодического приготовления песчано-глинистых смесей как в цеховых лабораториях, так и в крупных смесеприготовительных системах. В настоящее время это самый используемый тип смесителей в отечественных литейных цехах.

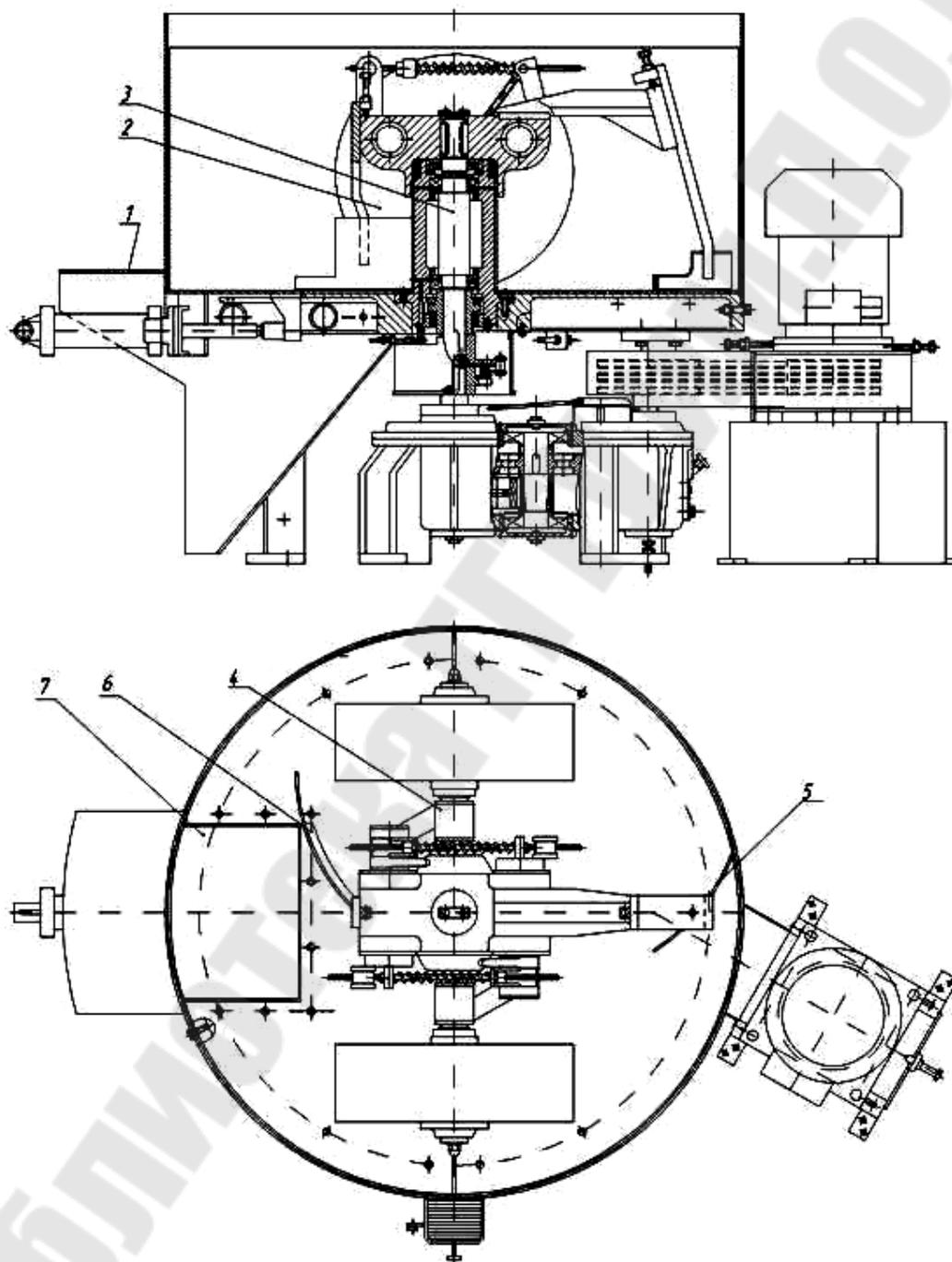


Рис. 2. Схема смесителей с вертикальными катками

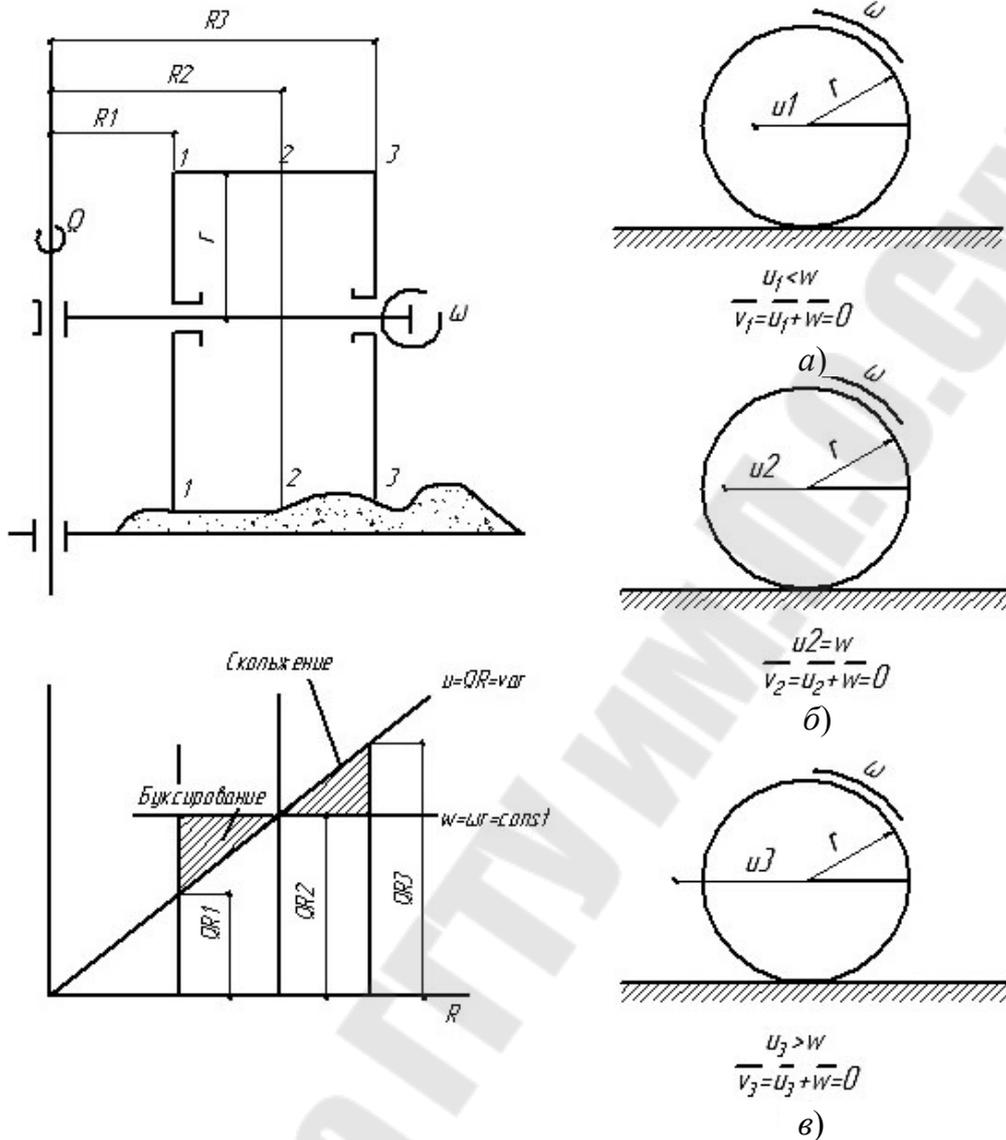


Рис. 3. Кинематика катка бегунов:
 а, б и в – скорости на окружностях 1–1, 2–2, 3–3 катка соответственно

Скольжение катков бегунов относительно днища чаши происходит вследствие разности переносной скорости движения точек на поверхности катка и относительной скорости (рис. 3). Как видно из схем на рисунке, для точек, лежащих на образующей катка, соприкасающейся с дном чаши (или слоем материала в чаше), скорости u и w имеют противоположные направления. Поэтому абсолютные скорости указанных точек катка (относительно неподвижной чаши) будут равны геометрическим суммам или, в данном случае, арифметическим разностям скоростей u и w :

$$v = \bar{u} + \bar{w} = u - w.$$

Скорость v и представляет собой скорость скольжения катка относительно чаши. Как показано на рисунке, без скольжения по чаше будет катиться только одна какая-то окружность второго катка.

Наибольшее скольжение будет наблюдаться на крайних окружностях катка. Из них окружность 1 будет иметь скольжение, направленное назад (буксование), а окружность 3 – скольжение, направленное вперед.

Скольжение катков бегунов относительно чаши может быть весьма полезным при смешивании формовочных и стержневых смесей, в особенности глинистых. При скольжении катков оказывает растирающее действие на смешиваемый материал, если только он имеет достаточное сцепление с этим материалом. Нормальные смешивающие бегуны описанного типа изготавливают с емкостью замеса $0,25-2,5 \text{ м}^3$; их широко применяют в литейных цехах для приготовления формовочных и стержневых смесей.

Смесители непрерывного действия (рис. 4) состоят из двух смежных чаш, имеющих общую полость в месте сопряжения. Механизмы смешивания в чашах синхронно вращаются в противоположные стороны, перемешивая материалы и передавая их из одной чаши в другую. Составляющие смесь материалы непрерывно загружают в правую чашу, где они подхватываются вращающимися плужками и перемещаются к каткам и далее плужками подаются к боковой поверхности чаши. Под действием центробежных сил в месте сопряжения обеих чаш смесь переносится в левую чашу смесителя, а затем возвращается в правую и т. д. Однако из левой чаши в правую смесь возвращается в несколько меньшем количестве. Количество смеси, поступившей и не возвращенной за каждый оборот смешивающего механизма, поступает через постоянно открытый люк в днище чаши. Благодаря непрерывной загрузке и выгрузке, высокой производительности, высокому качеству получаемой смеси, а также компактности эти смесители широко применяют в автоматических линиях массового производства для приготовления единой формовочной смеси.

Смесители, относящиеся к этой группе, обладают высокой производительностью и предназначены для непрерывного приготовления значительных объемов песчано-глинистых смесей в комплексно-механизированных и автоматизированных системах смесеприготовления для высокопроизводительных автоматических линий часовой потребностью формовочной смеси более 50 т.

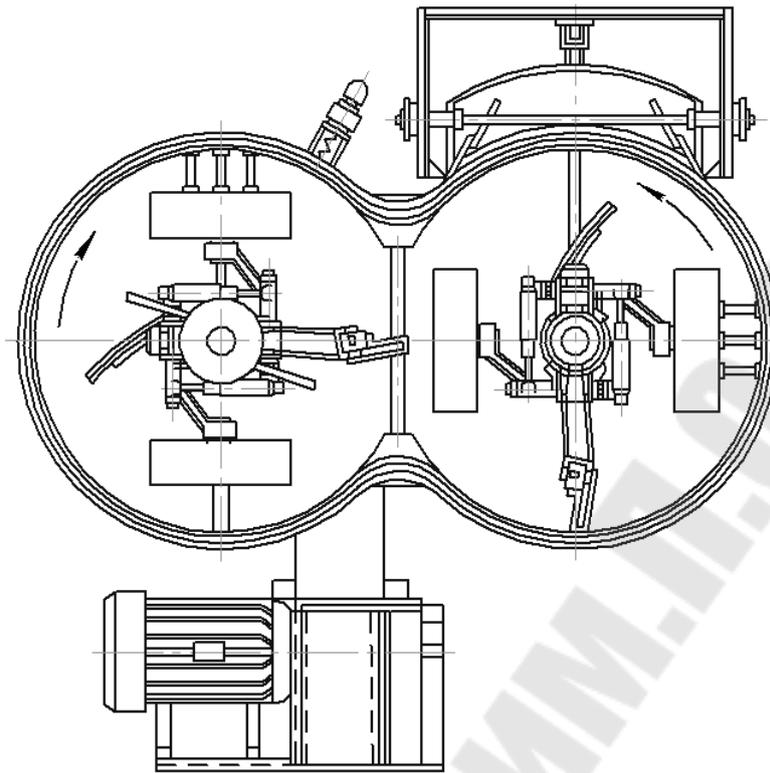


Рис. 4. Схема каткового смесителя непрерывного действия

Смесители с одним вертикальным катком и центробежным рыхлителем (рис. 5) – это обычные бегуны, но с одним катком. Вместо второго катка устроен рыхлитель. Рыхлитель представляет собой вертикальный вал 1 с диском 2, на котором вертикально закреплены восемь штырей 3. Рыхлитель вращается от вертикального вала бегунов через клиноременную передачу. Штыри рыхлителя получают сложное движение вследствие совмещения двух движений – вращения вала бегунов и вала рыхлителя.

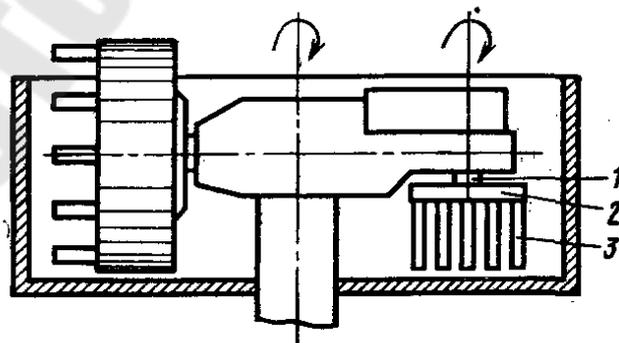


Рис. 5. Схема смесителя с одним катком и центробежным рыхлителем

Таким образом, в результате интенсивного ворошения смеси, а также благодаря давлению со стороны катка получается смесь хорошего качества при значительной производительности бегунов.

Из расчетной схемы каткового смесителя, представленной на рис. 6, видно, что перекатывание катка по слою смеси $h1$ расположенному на днище смесителя, возможно при определенном соотношении его диаметра Dk к высоте слоя смеси $h2$: при малом значении $h2$ будет низкая производительность бегунов, а при очень большом значении $h2$ каток будет сдвигать смесь перед собой, не перекатываясь через нее. Сила трения (сцепления) между катком и смесью также влияет на параметры Dk и $h2$.

Соотношение этих параметров определяют из схемы сил, действующих на границе каток–смесь.

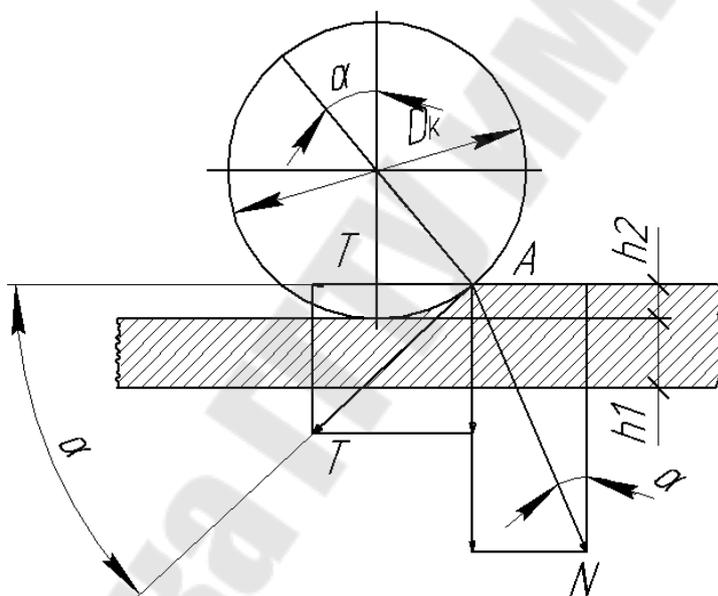


Рис. 6. Расчетная схема каткового смесителя

В точке A действуют две основные силы: сила нормального давления катка на смесь N , направленная по радиусу, и перпендикулярная ей сила трения E между катком и смесью, определяемая соотношением

$$T = fN, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения между катком и смесью, $f = 0,6-0,7$.

Разложим по правилу параллелограмма силы N и T , тогда из полученных прямоугольников будем иметь:

$$N_r = N \sin \alpha; \quad (2)$$

$$T_r = T \sin \alpha,$$

где N_r – горизонтальная составляющая силы нормального давления; α – угол захвата; T_r – горизонтальная составляющая силы трения.

Каток будет захватывать смесь и перекатываться по ней только в том случае, если

$$T_r \geq N_r. \quad (3)$$

Путем подстановки в (3) значений T_r , N_r и T из (1) и (2) получим:

$$f \geq \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

Приняв $f = 0,7$, получим $\alpha < 35^\circ$. Зная угол α , путем простого геометрического построения легко найдем и высоту слоя:

$$h_2 \leq (1 - \cos \alpha)(D_k / 2). \quad (5)$$

Откуда

$$D_k \geq 2h_2 / (1 - \cos \alpha). \quad (6)$$

При $\alpha = 35^\circ$ $D_k \geq (11-12)h_2$.

Толщину слоя h_2 обычно принимают равной 20–25 мм.

Мощность привода смесеприготовительных машин зависит от массы замеса, свойств приготовления смеси, площади чаши, расположения и числа плужков, размеров катков и места их установки, частоты вращения вертикального вала и других факторов. Мощность привода катковых смесителей (бегунов) обычно выражается зависимостью

$$N = N_{xx} + (N_{пл} + N_{кач} + N_{ск}) / (1 - \beta_{пот}), \quad (7)$$

где N_{xx} – мощность холостого хода, определяемая КПД электродвигателя и потерями на трение в механизмах машин; для серийного выпускаемых бегунов $N_{xx} = 2,5-3$ кВт; $N_{пл}$ – мощность, необходимая для перемещения плужков, кВт, $N_{пл} = 3-4$ кВт; $N_{кач}$ – мощность, необходимая для качения катков по смеси, $N_{кач} = 1-30$ кВт; $N_{ск}$ – мощность, необходимая для преодоления трения скольжения катков по смеси, $N_{ск} = 1,5-3,0$ кВт; $\beta_{пот}$ – коэффициент относительной мощности до-

полнительных потерь, пропорциональных нагрузке, рекомендуется принимать $\beta_{\text{пот}} = 0,03-0,05$.

Катковые одночашечные смесители (бегуны) с горизонтальной осью вращения катков, пожалуй, самые распространенные в странах СНГ установки для приготовления формовочных смесей. Однако они имеют ряд существенных недостатков: высокую относительную энергоемкость, резкое снижение производительности при приготовлении высокопрочных смесей. Главный же недостаток – перетиравание, дробление и, как следствие, изменение зерновой основы смеси.

1.2. Центробежные (маятниковые) смесители

Центробежные смесители (рис. 7) имеют неподвижную чашу 1, ротор 2, закрепленный на вертикальном приводном валу 3. На ободе ротора 2 под разными углами к горизонту установлены рабочие плужки 4, а на кривошипных валах 6 катки 5 с вертикальной осью вращения. Цилиндрическая поверхность катков и внутренние стенки чаши облицованы резиной 7. При вращении ротора катки отклоняются под действием центробежной силы к борту чаши. Зазор между катками и чашей регулируется эксцентриками 8. По мере изнашивания облицовки чаши эксцентрики поворачивают для обеспечения требуемого зазора.

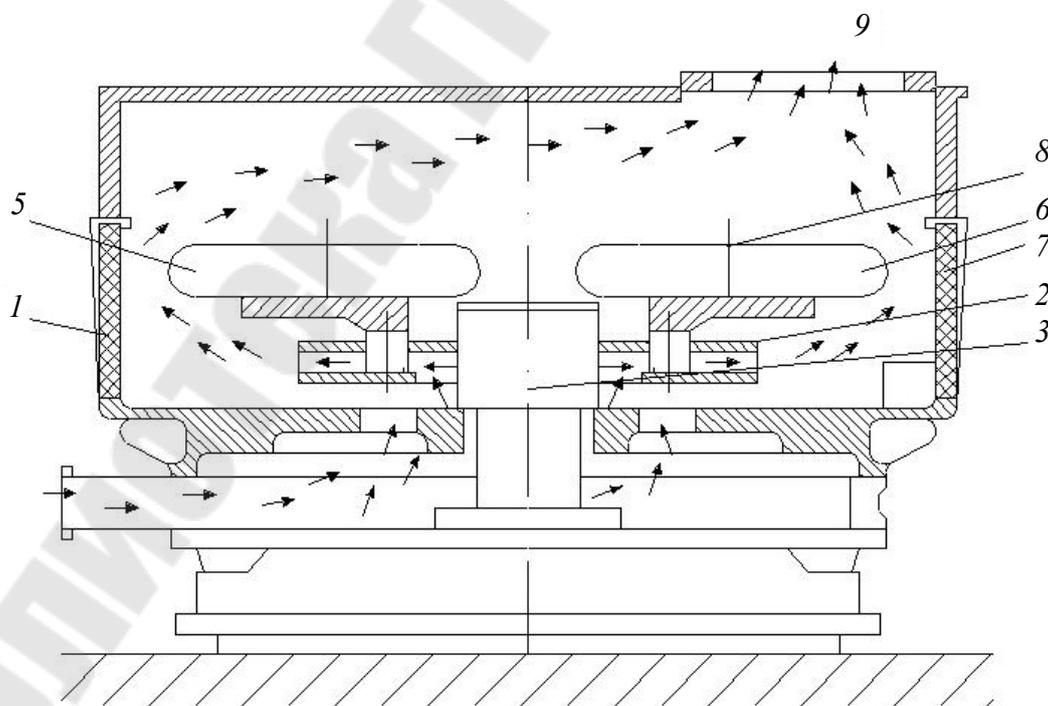


Рис. 7. Устройство центробежных смесителей непрерывного действия

В случае попадания в перемешиваемую смесь твердых комьев каток отжимается к центру ротора, пропуская комья между ободом катка и бортом чаши. Компоненты смеси, загружаемые в бегуны, попадают на верхний диск вращающегося ротора и сбрасываются центробежной силой в кольцевое пространство между ротором и бортом чаши. Рабочие плужки поднимают смесь со дна чаши и отбрасываются к резиновой поверхности борта под катки, которые перекачиваются по ней. Смеситель продувается воздухом от вентилятора, что способствует охлаждению и обеспыливанию смеси. Готовый замес выгружается через разгрузочное окно 9 в днище чаши. Продолжительность замеса 1–3 мин.

В маятниковом смесителе плужки со значительной скоростью бросают смесь на резиновую поверхность борта чаши, где смесь движется по окружности борта и за счет центробежной силы прижимается к борту.

При этом пограничный слой смеси, прилегающий к борту чаши, тормозится трением о резиновую поверхность борта (рис. 8). Чем дальше отстоит элементарный слой потока смеси от резины борта чаши, тем меньше сказывается это торможение. Следовательно, в потоке смеси, движущейся по поверхности борта чаши, происходит взаимное скольжение элементарных слоев потока относительно друг друга, т. е. перетираение смеси.

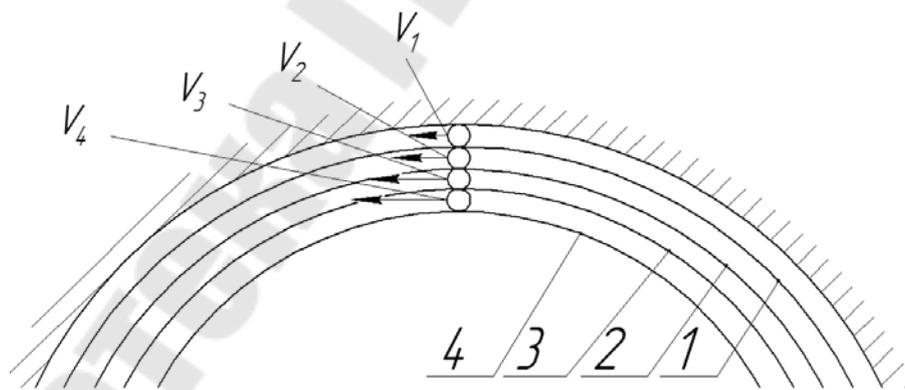


Рис. 8. Схема движения потока смеси по борту чаши в маятниковом смесителе:

1–4 – элементарные слои потока смеси;
 скорости движения – $V_1 < V_2 < V_3 < V_4$

Это перетирающее действие и является, как видно, главным элементом рабочего процесса маятникового смесителя, обеспечивающим перемешивание и обволакивание песчаных зерен смеси

влажной глинистой составляющей. Роль катков в этом смесителе, по-видимому, является подсобной. Они в лучшем случае могут проезжать по струям смеси, если расположение катков выбрано правильно.

Незначительная роль катков в маятниковом смесителе модели 115 была экспериментально подтверждена в производственных условиях. Для опыта такой смеситель был запущен со снятыми катками; все показатели качества формовочной смеси (для формовки отопительных радиаторов) от этого не ухудшились.

Произведем расчет траектории поднимаемой плужком струи смеси, движущейся по цилиндрической внутренней поверхности борта чаши маятникового смесителя. Развернем окружность борта чаши и отложим ее по оси абсцисс. По оси ординат отложим высоту взлета струи смеси над верхней кромкой плужка. В первом приближении движение смеси можно рассматривать как плоское движение материальной точки, брошенной под углом к горизонту и подвергающейся торможению постоянной силой трения $F_{тр}$, возбуждаемой центробежной силой, прижимающей ее к борту (рис. 9). Центробежная сила, прижимающая частицу к борту чаши, составит

$$\frac{mv_x^2}{R} = \frac{m \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{R},$$

где v_x – проекция на ось абсцисс вектора v абсолютной скорости движения частицы в данный момент времени t ; R – радиус чаши.

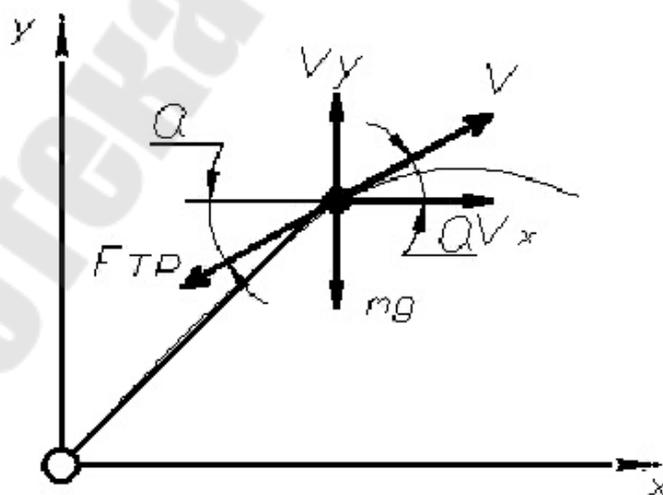


Рис. 9. Расчетная схема для определения траектории потока смеси в маятниковом смесителе

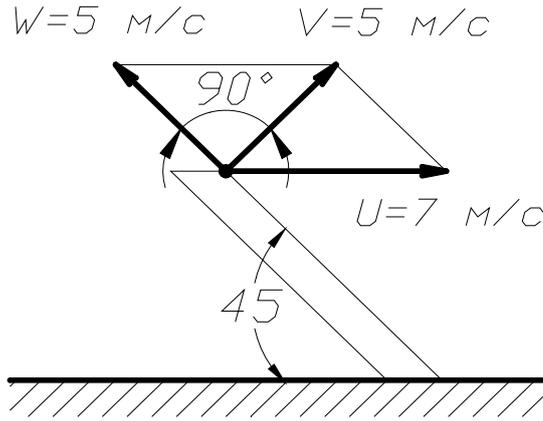


Рис. 10. Скорости движения смеси при подбрасывании

Сила трения между частицей и резиновой обкладкой борта чаши $F_{\text{тр}}$ будет направлена против вектора скорости v и составит

$$F_{\text{тр}} = f \frac{m \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{R}.$$

Уравнения движения частицы будут иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 x}{dt^2} = -f \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 \cos \alpha; \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = -g - f \frac{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{R} \sin \alpha, \end{array} \right. \quad (8)$$

где α – текущее значение угла между векторами v и vx .

Решение уравнений (8) методом приближенного численного интегрирования с шагом времени 0,03 с было выполнено И. З. Зорохович. Рассмотрим результаты этого решения для плужка с углом подъема 45° для смесителя модели 115. При частоте вращения вертикального вала смесителя $n = 75$ об/мин и диаметре чаши $2R = 1925$ мм средняя окружная скорость на плоскости скребка составляет $u \approx 7$ м/с.

Эта скорость является скоростью переносного движения смеси в начальный момент подбрасывания ее плужком (рис. 10). Приняв, что плужок бросает смесь с абсолютной скоростью v , направленной перпендикулярно к его плоскости, получим начальную скорость $v \approx 5$ м/с. Скорость смеси относительно ротора ω в этот момент также 5 м/с. Коэффициент трения смеси о резиновую обкладку борта чаши при-

нимаем $f = 0,7$. Абсциссы точек траектории относительного движения (рис. 12) находим путем вычитания из соответствующих абсцисс траектории абсолютного движения (рис. 11) величин ut для данных значений времени t .

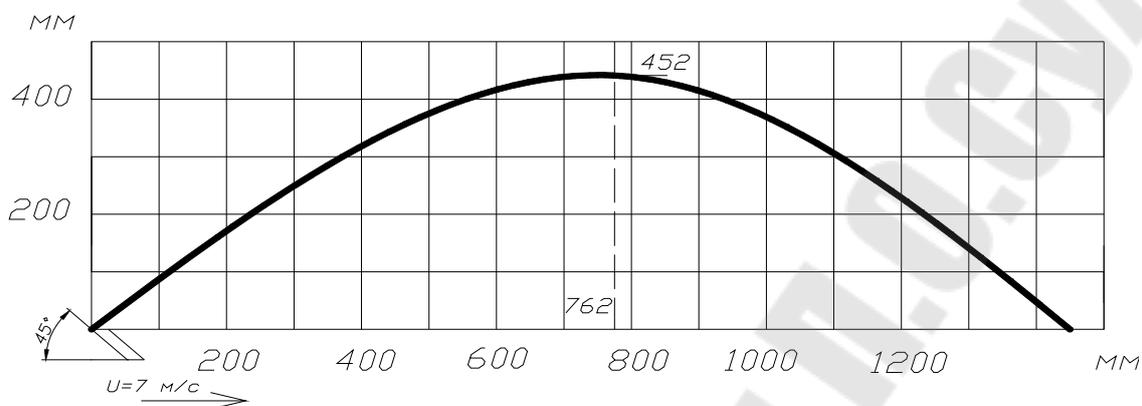


Рис. 11. Траектория абсолютного движения смеси в маятниковом смесителе модели 115

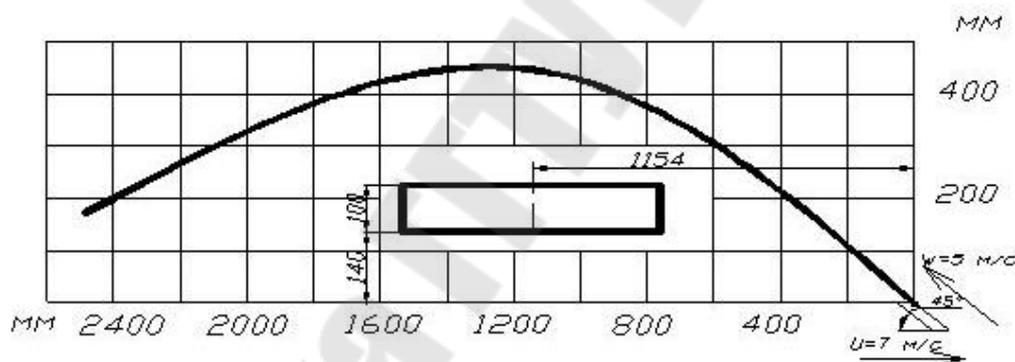


Рис. 12. Траектория движения смеси относительно ротора в маятниковом смесителе модели 115

На графике рис. 12 нанесено положение катка смесителя. Поток или струя смеси облетает каток, и центр струи не встречается с ним. Следовательно, размещение катков в этом смесителе требует корректировки. Заметим, что устройство ротора с тремя рабочими плужками и соответственно тремя катками (вместо двух катков, как у смесителя модели 115) вполне рационально, так как за один оборот ротора при этом осуществляется три подбрасывания смеси вместо двух и производительность смесителя значительно возрастает при тех же его габаритных размерах. Современные маятниковые смесители делают обычно с тремя катками.

1.3. Лопастные (шнековые) смесители

Для изготовления стержней и форм из холоднотвердеющих (ХТС) и жидких (ЖСС) самотвердеющих смесей применяют лопастные (шнековые) смесители.

Смеситель модели 4727 (рис. 13) представляет собой стационарную установку с пультом управления 1. Сухой кварцевый песок из основного стационарного бункера, расположенного над установкой, поступает в приемный бункер 6 машины, откуда через шиберный дозатор 5 кварцевого песка в шнековый смешивающий механизм 2 с индивидуальным приводом 7. В шнеке песок смешивается с катализатором, который подается насосом 8 из специальной емкости, расположенной в нижней части станины 9, по одному из шлангов 10 через разбрызгивающую трубку 4. Одновременно из емкости, также расположенной в нижней части станины, аналогичным образом подается смола в шнек через разбрызгивающие трубки 3. По мере вращения шнекового механизма все компоненты смеси смешиваются и перемещаются к разгрузочному патрубку 11, откуда попадают в стержневой ящик.

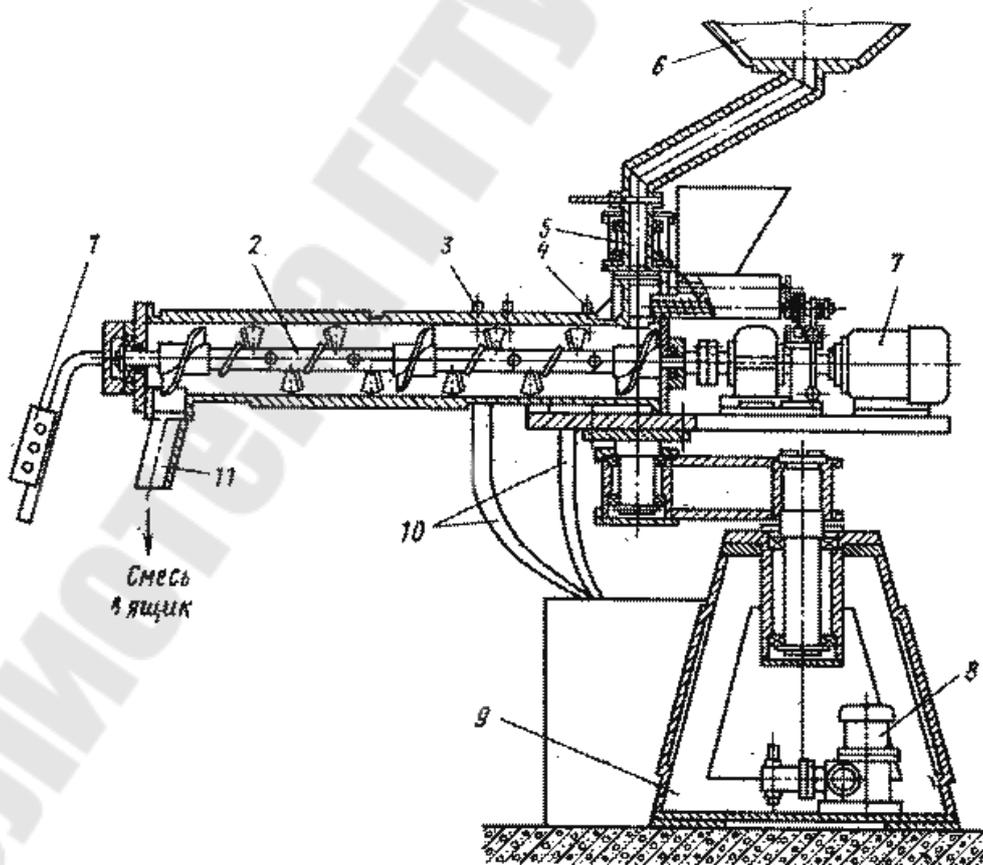


Рис. 13. Лопастный (шнековый) смеситель

В качестве смешивающего агрегата в установках смесеприготовления производства ОАО «БЕЛНИИЛИТ» используются малогабаритные лопастные смесители (с S-образным смешивающим элементом) периодического действия. В институте создан модельный ряд смесителей С1С, предназначенных для приготовления песчано-смоляных стержневых смесей, которые используются в различных технологических процессах, в том числе и Cold-box-amin.

Принцип работы смесителя основан на перемешивании компонентов смеси специальным S-образным элементом, получающим вращательное движение от привода мотор-редуктора, и выгрузке смеси за пределы смесителя в подготовленную тару. Скорость вращения смешивающего элемента обеспечивает высокое качество не более чем за 120 с.

Смеситель, общий вид которого показан на рис. 14 (на примере модели С1С-300-03), состоит из четырех основных частей: чаши 1, основания 14, мотор-редуктора 10 и смешивающего элемента 11 (рис. 15, на примере модели С1С-050-02).

Чаша 1 представляет собой цилиндрическую сварную конструкцию, к наружной поверхности которой крепятся крышка 3 с воронкой для приема песка; закрытая кожухом пневмоприводная дверца 4 люка выгрузки смеси; лоток 7 с установленным на нем вибратором. К днищу 2 чаши крепится мотор-редуктор 10. Чаша 1 крепится к основанию 14 болтами.

Крышка 3 смесителей моделей С1С-050, -150 и -200 представляет собой кольцо с прикрепленной к нему решеткой и предназначена для обеспечения безопасности и предотвращения попадания посторонних предметов в чашу. При очистке и ремонте смесителя крышку можно поднять, при этом блокировка не позволит включить смеситель. Крышка чаши более крупного смесителя модели С1С-300 состоит из открывающихся к центру сегментов, что удобно для обслуживания смесителя. В крышке имеются пазы для установки труб подачи жидких компонентов.

Открытие дверцы 4 для выгрузки приготовленной смеси осуществляется с помощью пневмоцилиндра 6. При открытии дверцы 4 смеситель отключается – срабатывает блокировка.

Основание 14 смесителя представляет собой сварную конструкцию. Верхняя его часть (плита) является днищем 2 смесителя. Плита имеет отверстие для выходного вала мотор-редуктора.

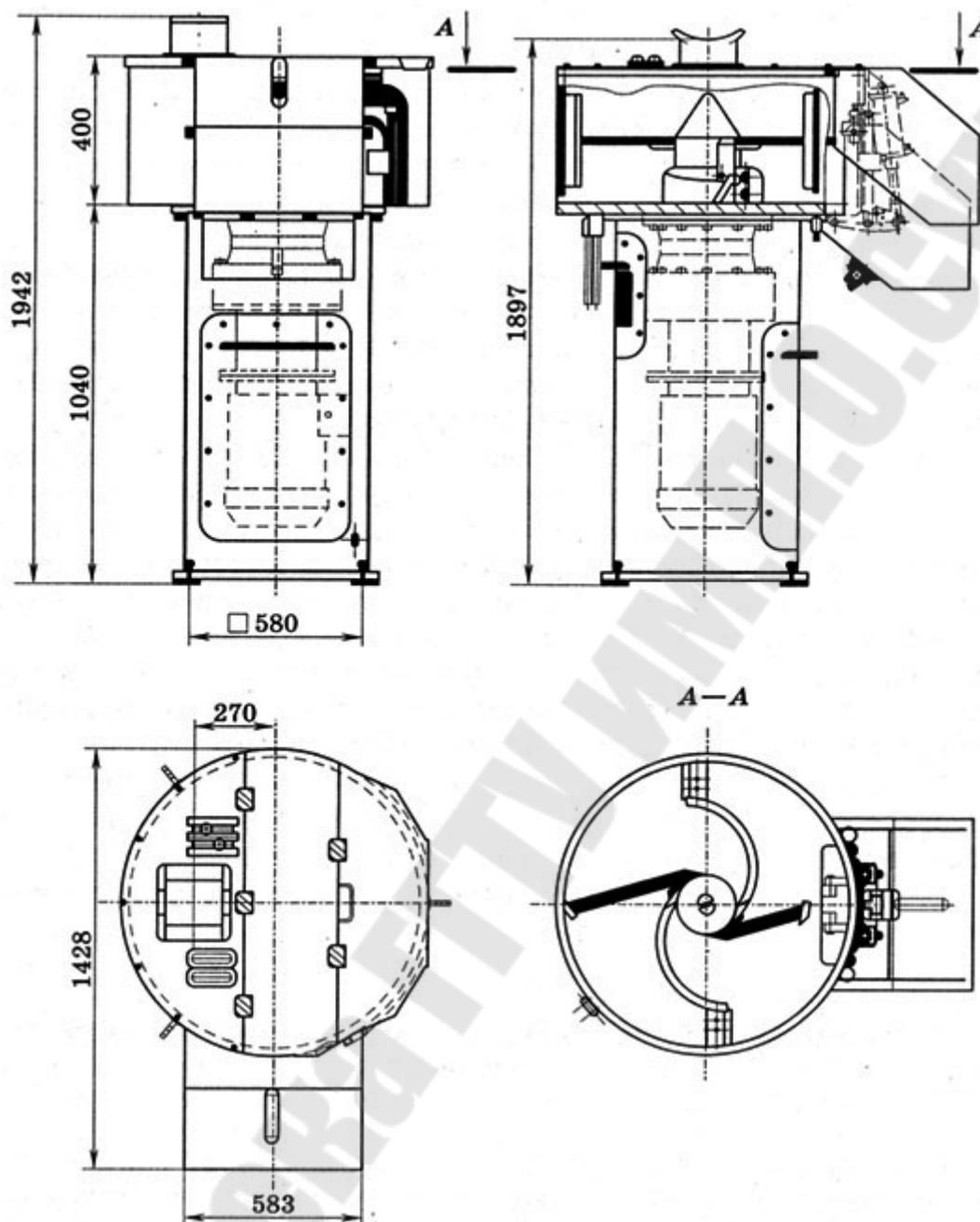


Рис. 14. Общий вид смесителя периодического действия модели С1С-300-03

К нижней части плиты болтами крепится верхний фланец соединительного стакана 5 мотор-редуктора 10. Для обслуживания мотор-редуктора и его охлаждения в основании имеются закрывающиеся съемными крышками окна.

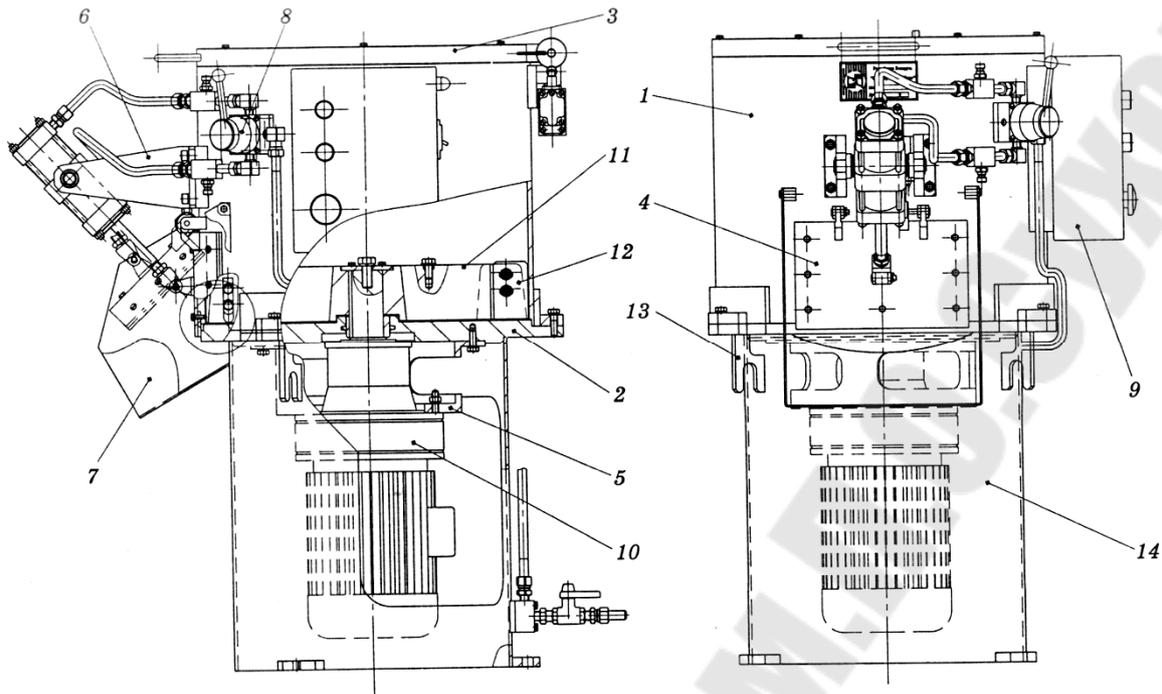


Рис. 15. Схема смесителя периодического действия модели С1С-050-02:

- 1 – чаша; 2 – днище; 3 – крышка; 4 – дверца выгрузного люка;
 5 – присоединительный стакан мотор-редуктора; 6 – пневмоцилиндр
 открытия дверцы выгрузного люка; 7 – лоток; 8 – трехходовой
 переключатель открытия/закрытия дверцы; 9 – пульт управления;
 10 – мотор-редуктор; 11 – смешивающая лопасть; 12 – плужки;
 13 – транспортные крюки; 14 – основание

1.4. Роторные смесители

В 1980-х гг. в литейных цехах стали применяться роторные смесители, которые в настоящее время заняли главенствующее положение в литейных цехах Западной Европы. Роторные смесители – сравнительно новое оборудование, поэтому встречаются различные их названия: вихревые, интенсивные, скоростные и др.

Промышленный выпуск роторных смесителей осуществляется под следующими торговыми названиями: Georg Fisher, Kunkel Wagner, Rotomax, Eirich, Space, всего выпускают более 60-ти моделей, что составляет 40 % от общего числа моделей смесителей, применяемых для приготовления сырых песчано-глинистых смесей.

Общим для всех смесителей является использование ротора, выполненного в виде вертикального вала с радиально ориентированными лопастями, однако другие элементы конструкции различаются, в ряде случаев значительно. Это является естественным условием, так как конкурирующие фирмы при создании смесителей стремятся при-

дать ему свойства, выгодно отличающие его от смесителей других фирм. Кроме того, каждая фирма использует свой опыт конструирования и возможности предприятия-изготовителя.

По потреблению энергии роторные смесители не одинаковы. Удельная работа смешивания моделей Eirich и Rotomax меньше чем у бегунов, а у смесителей остальных фирм – соизмерима с центробежными. Различие в этих двух случаях составляет более 60 %. Проанализируем причины этого различия.

Схема типового смесителя Georg Fisher (GF) представлена на рис. 16.

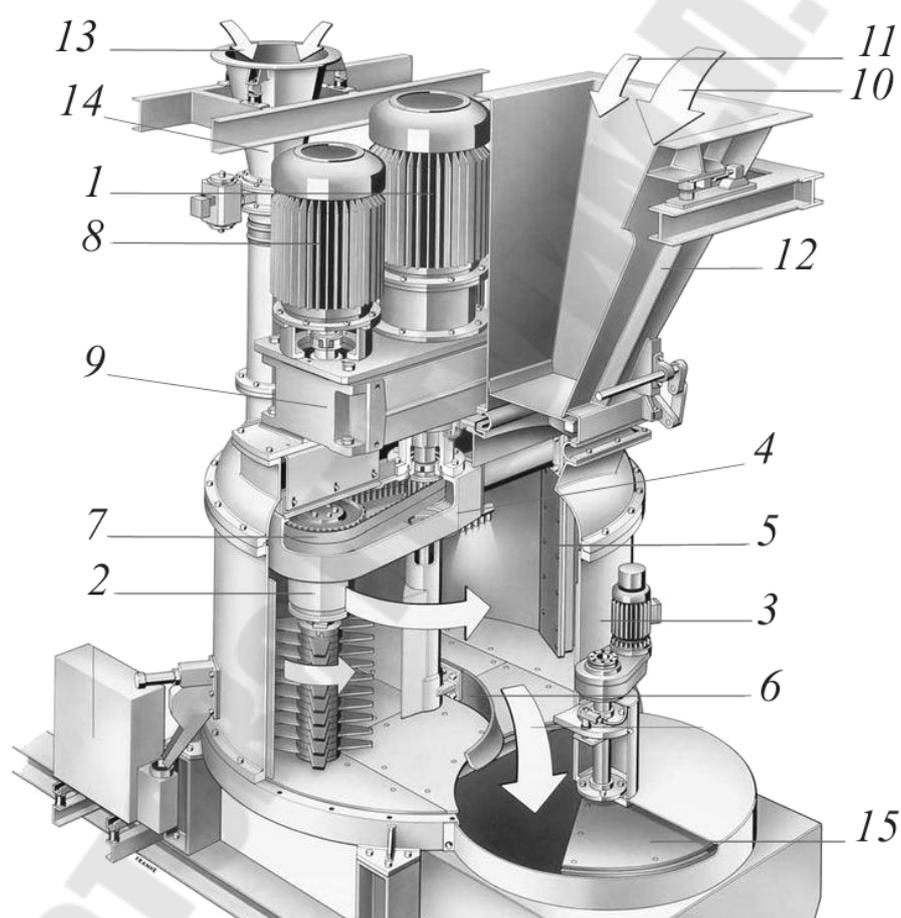


Рис. 16. Смеситель Georg Fisher SAM3-18

Особенностью данного смесителя является верхнее расположение приводных двигателей. Двигатель 1, приводящий во вращение ротор 2, расположен на оси чаши 3. Ротор установлен в корпусе 4, на котором также размещены боковой 5 и донный 6 плужки. Крутящий момент от двигателя на ротор передается зубчатым ремнем 7. Двигатель 8 через редуктор 9 приводит во вращение корпус 4. Корпус вращается вокруг

вертикальной оси, при этом вертикальный плужок счищает смесь со стенок чаши, а горизонтальный поднимает ее со дна. Ротор представляет собой вертикальный вал с радиально ориентированными лопастями. При вращении ротора лопасти захватывают смесь, разгоняют ее и выбрасывают. Разлет смеси от ротора происходит веером к противоположной стенке чаши, в зону расположения вертикального плужка. Периодические увеличения плотности смеси происходят в момент ее захватывания ротором и ударе о стенку чаши, уменьшения – в момент полета. Загрузка оборотной смеси 10 и песка 11 осуществляется через бункер 12, бентонит 13 и уголь подаются через дозатор 14. Необходимость применения бункера и дозатора обусловлена коротким циклом смешивания, в котором на загрузку компонентов отведено мало времени. Разгрузка готовой смеси производится через поворотный шиберный затвор 15.

Фирма выпускает 15 моделей смесителей – по модели в каждой из пяти групп. В каждой группе смесители имеют одинаковые размеры чаши, но отличаются мощностью двигателей, которая возрастает с увеличением массы замеса. Мощность двигателя, приводящего во вращение ротор, примерно в два раза больше мощности двигателя, приводящего во вращение корпус с плужками и ротором. Таким образом, привод ротора является главным потребителем электроэнергии. Масса замеса смесителей в каждой из групп лежит в следующих пределах: 0,5–1 т – SAM-3; 1–1,7 т – SAM-6; 2,1–2,7 т – SAM-10; 3–4 т – SAM-14; 4,7–5,3 т – SAM-18. Рекомендованное время цикла для первых четырех групп смесителей составляет 90 с, в последней группе 100 с.

Повышение производительности при постоянном цикле смешивания достигается за счет увеличения массы замеса, что связано с увеличением размеров чаши, диаметра ротора и, как следствие, мощности привода. Конструктивное выполнение и рабочий процесс смесителей одной фирмы для разных моделей остаются постоянными, при этом должна быть постоянной удельная работа смешивания. На практике величина для смесителей SAM находится в пределах от 7 до 8,7 кДж/кг, что обусловлено точностью подбора мощности установленного электродвигателя, которую выбирают ближайшей большей из имеющихся в типовом ряду. Поэтому для характеристики смесителей одной фирмы, имеющих однотипную конструкцию, можно использовать среднюю для всех смесителей работу смешивания. Разброс значений этой величины характеризует, насколько точно подоб-

рана мощность двигателя в соответствии с ее необходимой величиной. Для смесителей GF эта величина составляет 7,96 кДж/кг.

Схема типового смесителя Kunkel Wagner представлена на рис. 17.

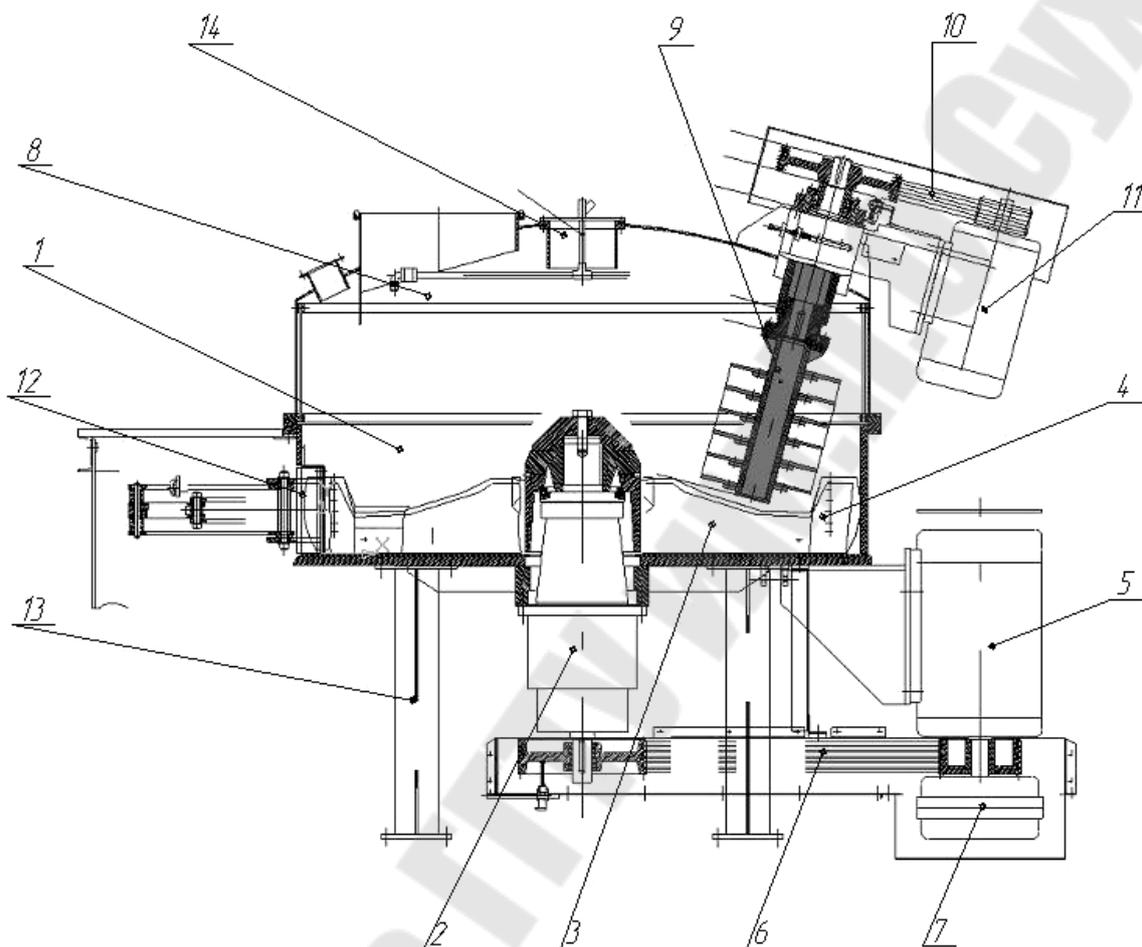


Рис. 17. Смеситель Kunkel Wagner WM0-5

По центру чаши 1 проходит вертикальный приводной вал 2, на котором смонтированы три горизонтальных плужка 3, снабженных скребками 4. Сами плужки и скребки наклонены к днищу чаши под углом около 30° и образуют единую конструкцию с мощной противоабразивной защитой. Привод вертикального вала осуществляется от электродвигателя 5 через ременную передачу 6. Для обеспечения плавной работы горизонтальных плужков на двигателя установлен фрикционная муфта 7. В чаше смеситель имеет большое сходство с центробежным. Чаша закрыта крышкой 8, через которую внутрь чаши введен ротор 9, связанный ременной передачей 10 с электродвигателем 11. Особенностью данного смесителя является отсутствие в его конструкции редукторов. Заданные частоты вращения плужков

и ротора достигаются за счет правильного подбора передаточного числа ременных передач и частот вращения электродвигателя. Загрузка компонентов смеси производится сверху из группы бункеров, а загрузка готовой смеси через боковую крышку 12. Для приема выгружаемой смеси служит бункер с ленточным транспортером. Чаша смесителя установлена на стойках 13, что обеспечивает легкий доступ к узлам смесителя для их обслуживания и ремонта в процессе эксплуатации. В крышке чаши имеются отверстия 14, выполненные в виде патрубка с фланцами, служащие для вентиляции, подачи смеси, песка, угля, бентонита и других компонентов.

Плужки и скребки приводят находящуюся в чаше смесь в псевдожидкое состояние, придавая ей турбулентное движение. Смесь подбрасывается вверх, подается на ротор и снимается со стенок чаши. При движении в единичном объеме смеси происходят поочередные изменения ее плотности. Увеличение плотности приводит к сближению зерен, уменьшение – к их расхождению. В результате этого происходит формирование оболочек на зернах. Смесители моделей WM0-15–WM2-60 производительностью до 16,7 кг/с имеют один ротор, смесители большей производительности – два ротора.

Фирма выпускает 12 моделей смесителей – по три модели в группах WM2 и WM5, по две модели в группах WM1 и WM3, по одной модели в группах WM0 и WM4. В каждой группе смесители имеют одинаковые размеры чаши, но отличаются мощностью двигателей. Мощность двигателя, приводящего во вращение горизонтальные плужки, примерно в два раза больше мощности двигателя, приводящего во вращение ротор. В этом смесителе главным потребителем энергии является привод горизонтальных плужков. Масса замеса находится в пределах от 350 до 5000 кг. В каждой группе рекомендованное время цикла уменьшается с увеличением мощности двигателей, для всех смесителей оно составляет 70–120 с.

У смесителей KW наблюдается обратно пропорциональная зависимость удельной работы смешивания от производительности. Ее величина изменяется от 8,9 до 13,4 кДж/кг, т. е. всегда превышает наибольшее значение для смесителей SAM. Причина этого превышения кроется в конструктивных различиях смесителей.

На рис. 18 приведены зависимости суммарной мощности установленных двигателей от производительности.

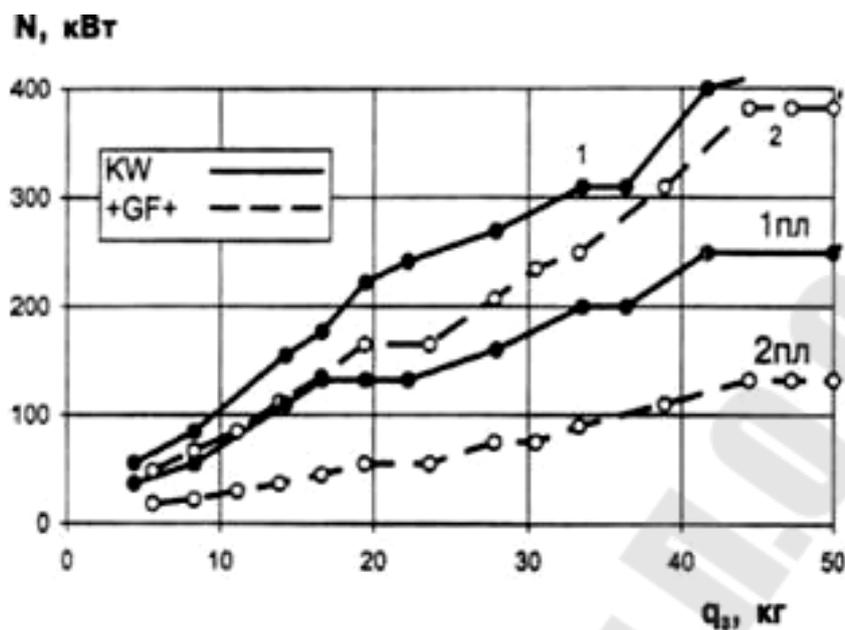


Рис. 18. Зависимости мощности двигателей от производительности: 1 – для смесителей KW; 2 – для смесителей GF; 1пл и 2пл – мощность привода плужков для смесителей KW и GF соответственно

Из сравнения данных следует, что при одинаковой производительности суммарная мощность двигателей у смесителей KW в среднем на 15 % превышает этот параметр у смесителей GF, достигая в отдельных случаях 30 %. Данное обстоятельство объясняется тем, что в смесителях KW основная мощность расходуется на привод донных плужков. Работу донных плужков можно представить как работу большого ротора, ось вращения которого совпадает с осью чаши. Такой рабочий орган одновременно воздействует на всю смесь, поэтому для его привода затрачивается большая удельная мощность. Примечательно, что в диапазоне малых производительностей (до 17 кг/с) мощность, затрачиваемая на привод донных плужков у смесителей KW, равна суммарной мощности двигателей на смесителях GF. Собственно ротор в данном случае играет вспомогательную роль. В смесителях GF основную мощность потребляет ротор, который в каждый конкретный момент воздействует только на часть контактирующей с ним смеси, и, как следствие, для его привода требуется двигатель меньшей мощности. Следует отметить, что длительность цикла у смесителей GF на 10 % короче, чем у смесителей KW, что также является причиной уменьшения удельной работы смешивания.

Конструктивную схему смесителя GF следует признать более удачной, так как она обеспечивает более короткий цикл смешивания и низкое потребление электроэнергии при необходимом качестве смеси.

Внешний вид типового смесителя Space и ротора представлены на рис. 19. Смеситель имеет чашу 1 с горизонтальным дном. Привод чаши осуществляется от электродвигателя 2 через редуктор и зубчатое зацепление. В центре чаши выполнено разгрузочное отверстие 3, закрытое люком. Сверху чаши расположено два рабочих органа: основной и дополнительный.

В качестве основного рабочего органа используется ротор с наклонными лопастями, приводимый во вращение от электродвигателя 4 через ременную передачу 5.

При массе замеса менее двух тонн в качестве дополнительного рабочего органа используется мешалка, приводимая во вращение от электродвигателя 6 через редуктор 7. Мощность привода мешалки в два раза меньше мощности привода основного ротора. При массе замеса три тонны и более используют второй ротор, приводимый во вращение через ременную передачу. Мощность его привода равна мощности основного ротора.

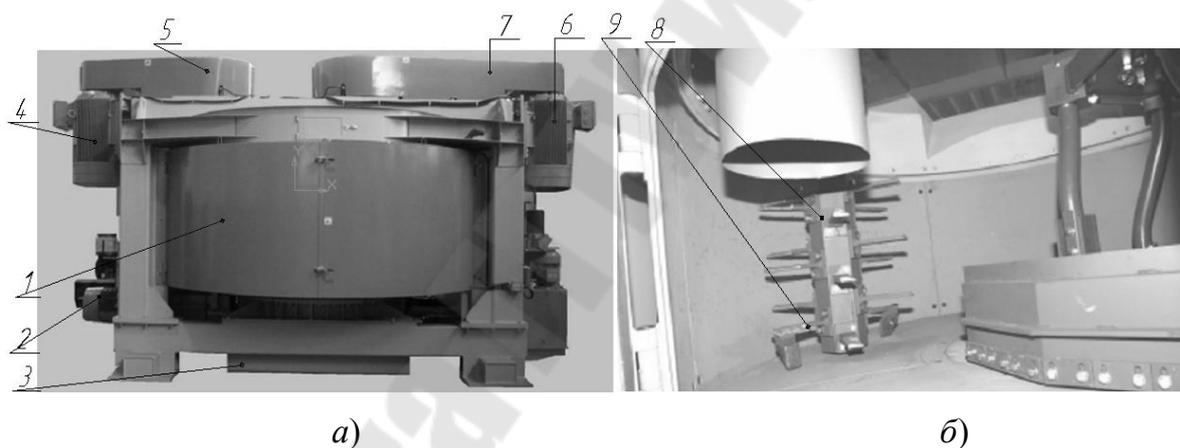


Рис. 19. Смеситель Space:
а – внешний вид; б – ротор

В начале 1980-х гг. немецкие фирмы BMD и Gisag разработали близкие по конструкции, размерам и технологическим параметрам смесители. Внутренний вид чаши этих смесителей показан на рис. 20: а – BMD, б – Gisag. На центральном валу чаши установлена головка 1, соединенная с вертикальным приводным валом. На головке установлено по три плужка. В смесителе BMD плужки 2 прямые и ориентированы радиально. В смесителе Gisag – изогнутые 3, сходные по форме с S-образными скребками. В обоих смесителях установлено по два активатора (подобие ротора).

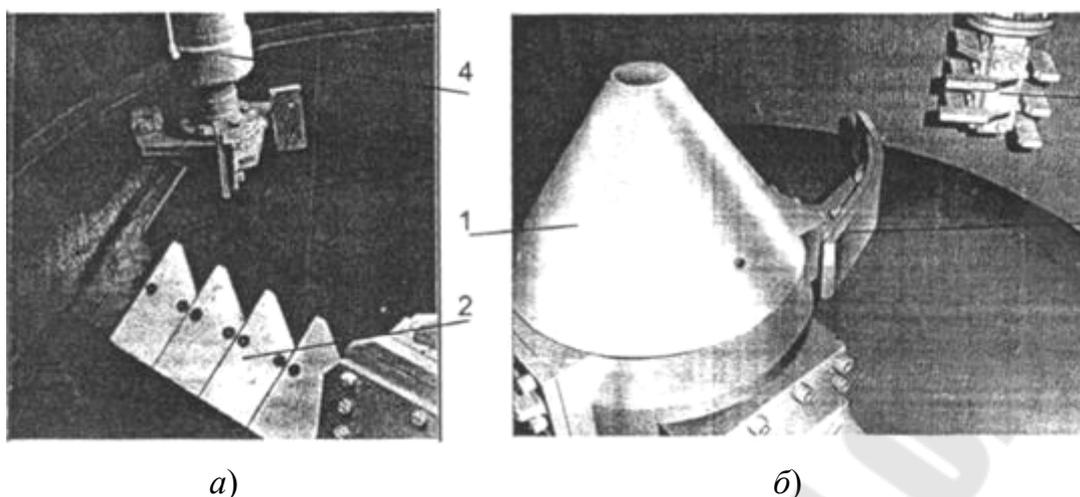


Рис. 20. Вид чаши смесителей:
a – BMD; *б* – Gisag

В смесителе BMD активатор 4 имеет пластины, ориентированные вдоль оси его вращения. При работе активатор ударяет по смеси всей плоскостью пластины. В смесителе Gisag активатор 5 имеет 10 радиально ориентированных пластин, ударяющих по смеси ребром. Однако из-за близкого расположения пластин действие активатора аналогично описанному выше. Рабочий процесс в данных смесителях сходен со смесителями KW, на что указывают близкие значения удельной работы смешивания (Gisag – $a_m = 8,3$ кДж/кг, KW – $a = 9,2$ кДж/кг, BMD – $a = 10,7$ кДж/кг) и одинаковое соотношение мощностей привода активаторов и плужков – один к двум.

Первоначально активаторы имели различное конструктивное выполнение, в дальнейшем лопасти на них располагали либо в плоскости, проходящей через ось вращения ротора, либо в перпендикулярной ей плоскости. Оба варианта не обеспечивали эффективного взаимодействия ротора со смесью. Лопасть, лежащая в плоскости, перпендикулярной оси вращения ротора, взаимодействовала со смесью только своей передней кромкой и не обеспечивала необходимого разгона смеси и загрузки ротора. В дальнейшем лопасти стали располагать наклонно. Была разработана математическая модель ее взаимодействия со смесью, позволившая оптимизировать конструктивные параметры ротора. Изменение угла наклона лопастей позволяет организовать поток летящей смеси. Такое решение применено на роторах Space (рис. 19), где верхняя лопасть 8 направляет поток смеси вниз, обеспечивая его пересечение с потоком от нижних лопастей 9.

Схема типового смесителя Rotomax представлена на рис. 21. В верхней части чаши 1 размещен планетарный редуктор 2, первич-

ный вал которого соединен с электродвигателем 3. На выходных валах редуктора размещены ротор 4 и мешалка 5. Корпус планетарного редуктора 2 приводится во вращение вокруг центральной оси чаши электродвигателем 6. Двигатели 3 и 6 имеют свои редукторы 7. Валы роторов и мешалки расположены по схеме равнобедренного треугольника. Чаша закрыта крышкой 8, через которую внутрь чаши введены два приводных вала редукторов 7. Загрузка компонентов смеси через крышку смесителя невозможна, так как корпус редуктора закрывает всю ее площадь. Поэтому для загрузки компонентов смеси на стенке чаши выполнен наклонный патрубок, соединенный с бункерами. Разгрузка готовой смеси производится через разгрузочный люк, находящийся в дне чаши. Смеситель не имеет плужков, функцию которых выполняет ротор и мешалка. Лопастями ротора установлены с небольшим зазором по отношению к стенкам чаши и срезают при своей работе налипшую смесь. Смесь с днища чаши срезают накладки 10 на лопастях ротора и мешалки. Вся конструкция опирается на стойки 9.

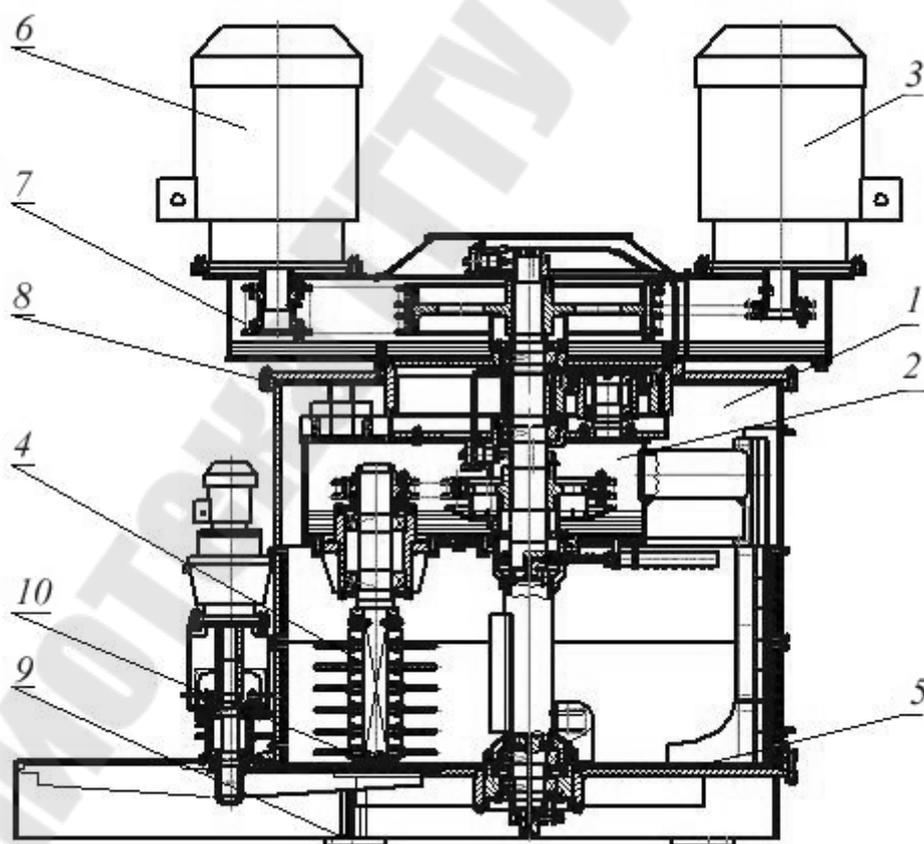


Рис. 21. Схема смесителя Rotomax

Фирма выпускает 12 моделей смесителей с массой замеса от 100 до 5000 кг, производительностью от 1 до 55 кг/с. Мощность двигателя, приводящего во вращение ротор и мешалку, в 2–5 раза больше мощности двигателя, приводящего во вращение корпус планетарного редуктора. Таким образом, главным потребителем электроэнергии является привод ротора. Рекомендуемое время цикла для всех смесителей составляет 90 с. Для смесителей Rotomax средняя величина удельной работы смешивания составляет 5,9 кДж/кг. Здесь, как и у смесителя KW, имеет место обратно пропорциональная зависимость удельной работы смешивания от производительности. Эта особенность в различной степени сохраняется практически у всех смесителей в большей или меньшей мере. Разница получается тем меньшей, чем точнее мощность установленного двигателя соответствует расчетной.

На смесителях фирмы Rotomax применяется электронное регулирование скорости вращения рабочих органов, изменяемое в цикле смешивания. После загрузки частоту вращения рабочих органов увеличивают в полтора раза для разрушения комков смеси, затем понижают до номинальной, смесь увлажняют. В процессе перемешивания частоту вращения постепенно снижают примерно наполовину от номинала. На минимальной частоте вращения производят аэрирование смеси. После чего смесь разгружают, постепенно увеличивая частоту вращения до номинала.

Фирма Eirich является пионером в производстве роторных смесителей. Первые бескатковые смесители этой фирмы появились в середине XX в. В то время это были скромные шаги, а само применение ротора рассматривалось как мера по улучшению свойств смеси. Широкое внедрение роторных смесителей в промышленности началось в 1980-х гг. в значительной степени усилиями фирмы Eirich. С этого момента фирма освоила выпуск различных смесителей с массой замеса от 8 кг до 11 т. По проспектам фирмы известно 32 модели смесителей с различной комбинацией свойств. Фирма рекламирует свои смесители в России более десяти лет. В последнее время сведения о смесителях стали носить исключительно рекламный характер.

На рис. 22 приведена схема смесителя модели R, особенностью которой является наклонное расположение чаши. Данная модель составляет большую часть из всех смесителей, выпускаемых фирмой. В чаше 1 расположен ротор 2, выполненный в виде вертикального вала с радиально ориентированными лопастями и Г-образный плужок 3,

очищающий смесь со дна и стенок чаши. Дно чаши закрыто дверцей 4, через которую разгружают смесь. Верхний край стенки чаши входит в затвор 5 на крышке смесителя. Привод ротора осуществляется от электродвигателя 6 через ременную передачу. В данном смесителе вращается вся чаша от привода 7. Элементы конструкции смесителя находятся в едином корпусе 8, который выполняют герметичным в случае вакуумных смесителей.

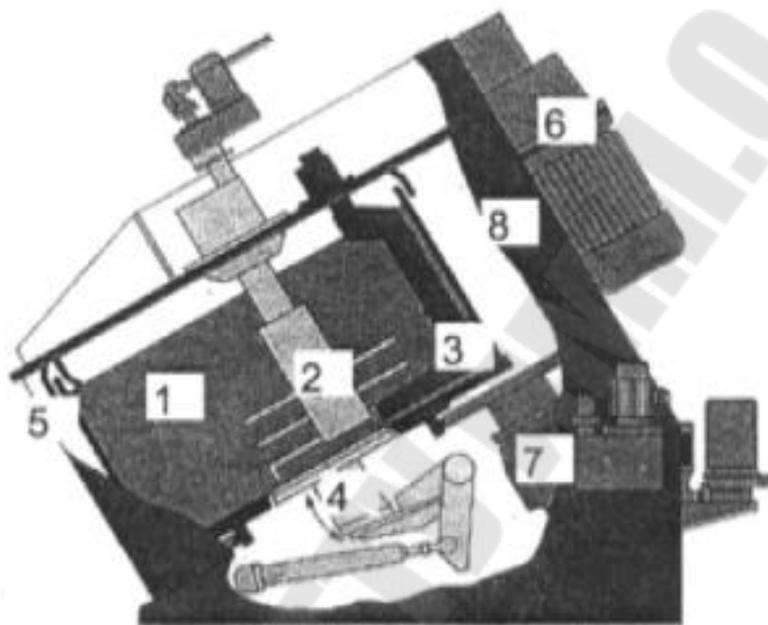


Рис. 22. Схема смесителя Eirich модели R

Средняя величина удельной работы смесителей моделей R, DE и DZ приближается к нижнему уровню ($a_T = 5,3$ кДж/кг), однако отклонение от среднего значения довольно большое. Это является следствием модификаций моделей с завышенной мощностью привода.

Производительность смесителей модели R не превышает 30 кг/с (108 т/ч). В начале 1990-х гг. фирма создала смесители модели DW, характеризующиеся наибольшей производительностью – 237 т/ч и большой массой замеса – от 3 до 10 т. Перемешивание больших объемов смеси предполагает применение двух роторов, мешалок и других рабочих органов. Все они имеют собственный привод, что увеличивает мощность установленных на смесителе двигателей. Как следствие, возрастает удельная работа перемешивания, которая в 2 раза превышает эту характеристику у смесителей модели R. По энергопотреблению смесители модели DW оказались на уровне центробежных, представляли собой тупиковую ветвь развития, не выдержав конкуренции со

смесителями SAM фирмы GF. Кроме того, потребность в таких больших смесителях невелика.

В рекламных проспектах фирмы указывается на необходимость тщательной магнитной сепарации смеси и ввода глины в виде суспензии, но не приводятся основные технологические параметры процесса смесеприготовления. Необходимость магнитной сепарации обусловлена возможностью поломки ротора при попадании на него скрапа. Высокие скорости потоков смеси не допускают использование пылящих компонентов: молотой глины и угля. Суспензионный ввод глины, с одной стороны, предотвращает пыление, с другой – улучшает усвоение глины оболочками смеси, что особенно важно из-за короткого цикла смешивания. Рекомендуемое время цикла для большинства моделей составляет 120 с.

Польская фирма Dozamet выпустила динамический смеситель MD1000 лопаточного типа, служащий для приготовления сырых песчано-глинистых смесей. Смеситель (рис. 23) состоит из емкости 1, внутри которой расположено два горизонтальных вала с самостоятельными приводами. На нижнем вале 2 установлены лопасти 3, на верхнем вале 4 – шнек 5. Наклон лопастей и навивка шнека выполнены таким образом, что при работе они перемещают смесь во встречных направлениях. Основное смешивающее действие производит нижний вал с лопастями. Шнек помимо перемещения смеси служит для подачи в емкость бентонита и угля из приемной полости 6. Масса загружаемой смеси 1000 кг, цикл смешивания 60 с, суммарная мощность установленных двигателей 110 кВт.

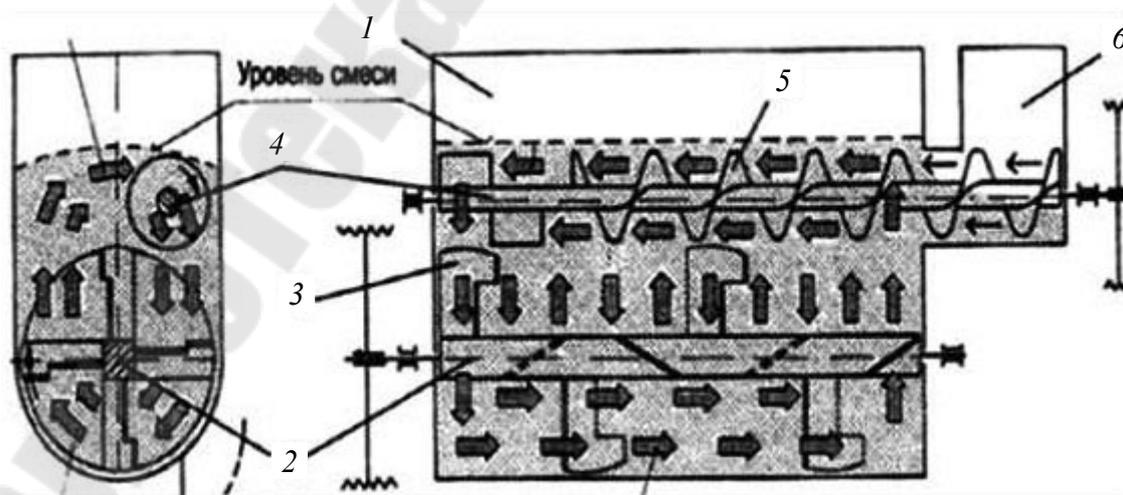


Рис. 23. Динамический смеситель фирмы Dozamet

По данным фирмы, за 60 с смесь приобретает прочность 130 кПа и газопроницаемость 160 ед., в то время как в лабораторных бегунах данный уровень свойств достигался только на 5-й минуте смешивания. Высокая интенсивность смешивания обеспечивается в данном аппарате, видимо, за счет частых актов изменения плотности смеси в зоне нижнего вала. Фирма не приводит многих технических характеристик смеси, однако по анализу соотношения размеров ременной передачи на общем виде смесителя можно заключить, что нижний вал вращается с частотой не менее 200 мин^{-1} . Это примерно в 5 раз больше частоты вращения вертикального вала на лабораторных бегунах. Поэтому приготовление смеси, по укрупненным расчетам, должно происходить в 5 раз быстрее, что и наблюдается. Смеситель допускает приготовление свежих песчано-глинистых смесей прочностью 180 кПа при продолжительности цикла 60 с. Важно заметить, что высокий уровень технологических свойств смеси достигается без ее уплотнения катками, что указывает на другой (в отличие от бегунов) механизм взаимодействия зерен. Механизм этот возможен в результате интенсивного воздействия лопаточных рабочих органов на смесь, находящуюся в процессе смешивания в псевдожидком состоянии. При этом достигнуты высокое качество смеси и экономия энергии.

Рабочий процесс роторных смесителей характеризуется особенностями взаимодействия зерен. Формирование глинистых оболочек происходит в результате актов периодического изменения плотности смеси и связанных с этим сближения и расхождения зерен. Сближение зерен происходит при остановке потока летящей от ротора смеси. Зерна в потоке не связаны с соседними, поэтому при остановке они подворачиваются, вследствие чего на зернах формируются рыхлые оболочки с характерной структурой, свойственной вращательному взаимодействию зерен. У смеси, находящейся в обороте, оболочки шамотизируются, в результате рыхлые структуры становятся хрупкими и легко разрушаются при значительном уплотнении смеси. Свидетельством такого разрушения явилось ухудшение всех свойств смеси роторного приготовления после ее домешивания в бегунах. Особенно сильно изменились газопроницаемость (-60%), прочности на сжатие (-29%) и разрыв (-22%), уплотняемость (-26%). В результате рассмотрения проб под бинокулярной лупой было установлено, что домешивание приводит к разрушению оболочек на зернах смеси и образованию частичек мелочи. За счет закупоривания пор мелочью прочностные показатели и газопроницаемость снижаются. При домешивании песчинки многократно сдавливаются, и под действием вы-

соких контактных напряжений оболочки разрушаются. При этом за счет своей рыхлой структуры они связывают активную глину, количество которой становится недостаточным для формирования новых оболочек на зернах.

В роторных смесителях происходит унос мелких фракций из смеси за счет пыления. При нагреве оборотной смеси происходит испарение влаги, идущее тем интенсивнее, чем выше начальная температура смеси. Пар конденсируется на холодных стенках смесителя, увлажняя их, а пыль, образующаяся в результате трения зерен, оседает на влажных стенках смесителя и не возвращается в смесь. В результате на крышке и верхней части стенок чаши образуется слой осевшей пыли. Обследование стенок промышленных смесителей показало, что они покрыты толстым слоем осевшей пыли влажностью $10 \pm 0,2$ %, потери при проваливании и содержание мелочи составили соответственно 16 и 75 %, остальное – мелкие зерна и их осколки. Таким образом, становится очевидным, что при перемешивании из смеси выносятся в основном глинистая составляющая, обогащенная угольной пылью, аналогичного состава. Причем слой этот тем толще, чем интенсивнее идет процесс перемешивания. Осевшая пыль время от времени отрывается от крышки и стенок, попадая в объем замеса, и изменяет его состав. В результате происходит изменение свойств смеси, тем большее, чем больше пыли попало в замес. На образовавшуюся чистую поверхность вновь оседают выносимые из смеси мелкие фракции. Эти данные указывают на необходимость регулярных профилактических работ в смесителе.

1.5. Разрыхлители

Формовочная смесь из бункеров-отстойников или непосредственно из смесеприготовительного отделения системой ленточных конвейеров подается в бункера формовочных машин. В системе транспорта формовочной смеси на этом участке устанавливают разрыхлители с целью улучшения ее формуемости.

Разрыхлители бывают стационарные и передвижные. Наибольшее распространение получили стационарные; к ним относятся лопастные разрыхлители (аэраторы) и дезинтеграторы.

Лопастный разрыхлитель модели 1А32 представлен на рис. 24. Основанием машины служит сварная рама 8, на которой установлены подшипники вала ротора 1 и электродвигатель 3, передающий вращение ротору через клиноременную передачу 2. На роторе 1 смонтировано шестнадцать пар державок, на каждой из которых закреплена

сменная лопатка. В средней части сварного защитного кожуха 6 свободно подвешены в два ряда цепи 7. Левая часть кожуха имеет в верхней части загрузочную воронку 4 с двумя заслонками для регулирования потока смеси, а в правой части кожуха имеется вентиляционный патрубок 5 для отсоса пыли.

Обе части кожуха имеют люки для доступа в рабочее пространство машины. Через левый люк производится замена изношенных лопаток, а через правый — очистка внутренних стенок кожуха. Для осмотра цепных подвесок служат боковые люки, закрытые щитками.

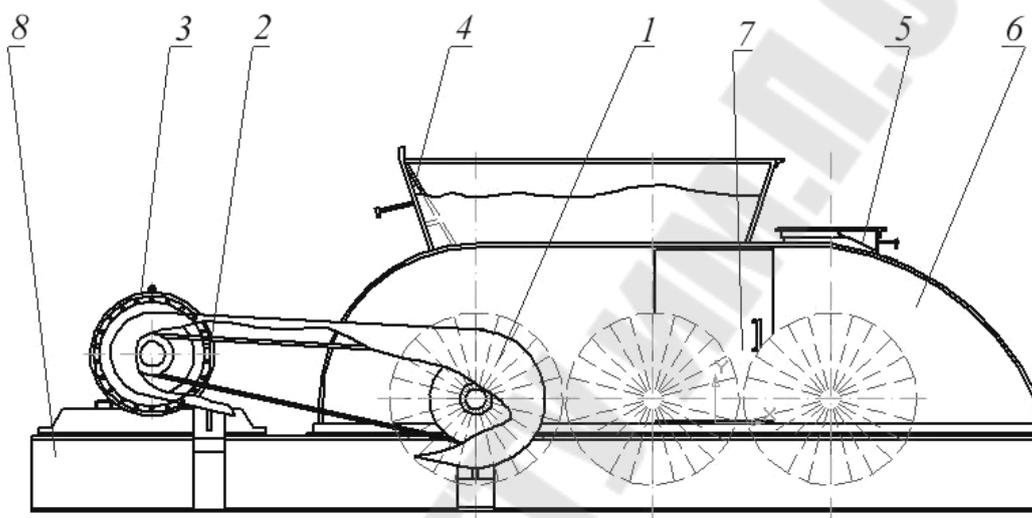


Рис. 24. Лопастный разрыхлитель модели 1А32

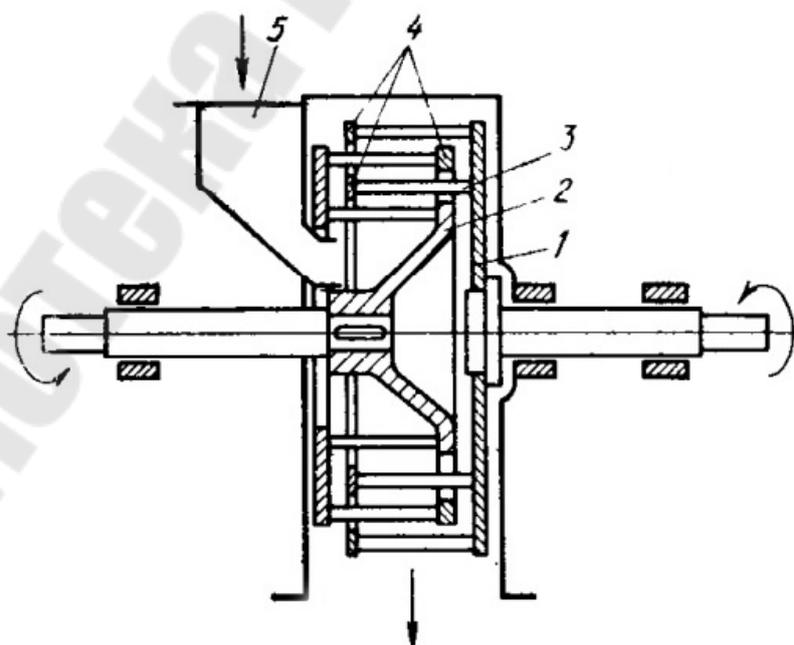


Рис. 25. Дезинтегратор

Люки заблокированы конечными выключателями таким образом, что при открывании их выключается электродвигатель привода ротора. Смесь подается равномерно и только во время работы машины. Из воронки смесь попадает на быстро вращающиеся лопатки, которые с силой отбрасывают ее на цепи 7. Ударяясь о цепи, комья смеси дробятся. Разрыхленная смесь падает вниз на конвейер и выносится из-под разрыхлителя в бункера формовочных машин.

Производительность лопастного разрыхлителя модели 1А32 $50 \text{ м}^3/\text{ч}$. Дезинтеграторы или дисковые рыхлители (рис. 25) состоят из двух вращающихся навстречу друг другу дисков 1 и 2, на которых закреплены пальцы 3. Привод дисков индивидуальный, а приводные валы могут располагаться либо с одной стороны установки, либо с двух сторон, как показано на рис. 17. Пальцы каждого ряда для увеличения жесткости соединены между собой кольцами 4. Материал для разрыхления подается через воронку 5 в центральную часть установки.

Комья смеси при падении на пальцы внутреннего ряда под действием удара разбиваются и падают вниз на последующие ряды пальцев. В результате многократных ударов смесь разрыхляется, просыпается вниз, обычно на конвейерную ленту.

На рис. 26 приведены схемы компоновки некоторых типов современных аэраторов. На схеме *а* показан аэратор с двумя роторами, вращающимися в противоположных направлениях, на которые смесь подается ленточным питателем, расположенным под загрузочным отверстием кожуха. На схеме *б* представлен так называемый попутный аэратор, который устанавливают на ленточном конвейере формовочной смеси. Он имеет два ротора, которые своими лопатками захватывают смесь с движущейся ленты и бросают ее вдоль кожуха по ходу ленты. Кожух внутри облицовывается резиной. Аэраторы с указанными на схемах *а* и *б* размерами имеют производительность до 200 т/ч. На схеме *в* показан принцип устройства попутного аэратора с тремя двойными роторами. Попутные аэраторы применяют иногда и на линиях подготовки отработанной формовочной смеси для ее рыхления и частичной гомогенизации и предварительного охлаждения и ставят между магнитным сепаратором и ситом.

На схеме *г* показан аэратор для обработки отработанной смеси в литейных цехах, изготавливающих отливки из медных сплавов. Кроме разрыхления смеси, в этом аэраторе происходит также отделение металлических (немагнитных) включений, которые пролетают дальше потока смеси и улавливаются отдельно.

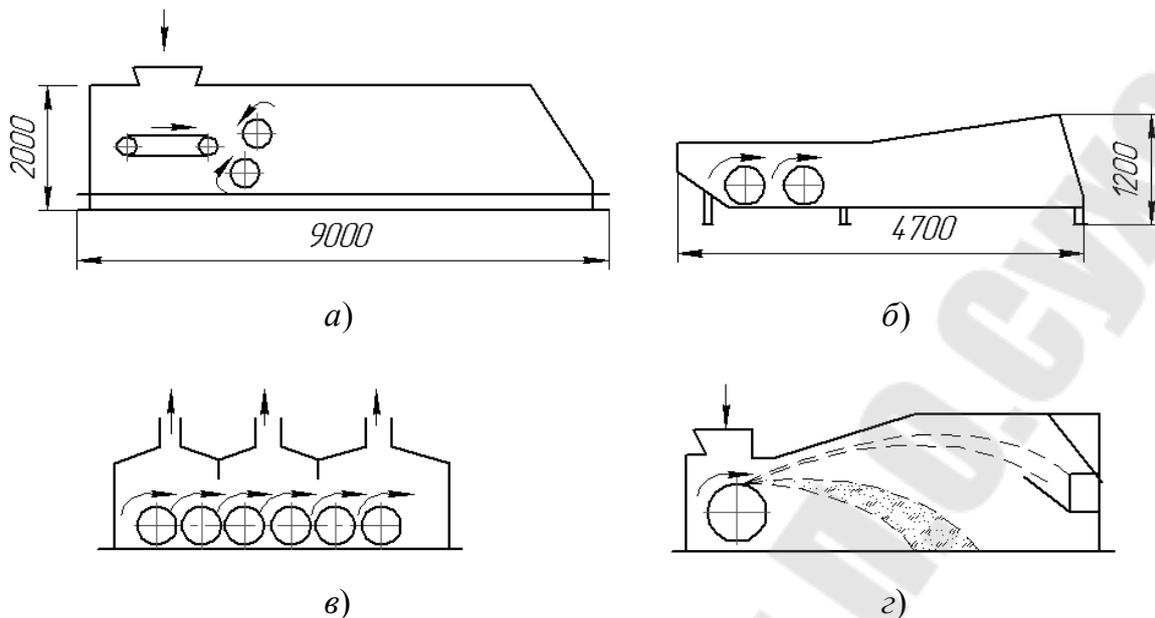


Рис. 26. Схемы компоновки аэраторов

2. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СМЕСепРИГОТОВЛЕНИЯ И СМЕСЕРАЗДАЧИ

2.1. Смесеприготовительные системы

Механизация и автоматизация приготовления и транспортирования формовочных и стержневых смесей имеет первостепенное экономическое значение, а также улучшает санитарно-гигиенические условия труда и обеспечивает необходимое высокое качество смесей. Смесеприготовительные системы включают:

а) оборудование для предварительной подготовки обратной формовочной смеси (дробилки для разминания комьев, магнитные сепараторы для извлечения металла, сита для грубого и тонкого просеивания, установки для гомогенизации и охлаждения смеси);

б) группы бункеров, расположенных над смесителями (для обратной смеси, сухого и сырого песка, различных добавок);

в) дозаторы (питатели) сухих и жидких компонентов (весовые или объемные);

г) смесители непрерывного или периодического действия;

д) систему транспортных машин для подачи исходных материалов и раздачи готовой смеси (ленточные конвейеры, элеваторы, пневматический транспорт);

е) аэраторы или дезинтеграторы в системе раздачи смеси.

Как правило, все эти машины объединены в автоматизированные блоки, которые между собой также связаны в единую автоматизированную систему.

В современных литейных цехах массового производства, где установлены автоматические формовочные линии, каждая такая линия имеет свою полностью автоматизированную смесеприготовительную систему.

В цехах с мелкосерийными или единичным производством с большой номенклатурой по составу смесей строят единое центральное смесеприготовительное отделение. При организации центральных смесеприготовительных отделений учитывают влияние смешивания обратных смесей на качество выпускаемых отливок в данном цехе.

Центральные смесеприготовительные системы (или группы установок) обычно располагают рядом с формовочным отделением, но изолированно от него. Расположение смесеприготовительных систем ближе к местам потребления сокращает путь готовой смеси при транспортировании ее в насыпном состоянии и уменьшает степень ее высыхания.

На рис. 27 показана схема смесеприготовительной системы автоматической литейной линии блока цилиндров чугунолитейного цеха Волжского автомобильного завода, являющаяся типовой для современных установок такого типа. Смесеприготовительная установка оборудована двумя маятниковыми смесителями с массой замеса 2,27 т и имеет цикловую производительность до 150 т/ч. Цикл работы смесителей 105 с. Из смесителей смесь выгружается в промежуточные бункера емкостью 4 м³, снабженные речными (колосниковыми) качающимися питателями, которые равномерно выдают смесь на систему ленточных конвейеров, передающих смесь в бункера формовочных автоматов с промежуточным разрыхлением в аэраторе.

Отработанная смесь после выбивной решетки подвергается первой магнитной сепарации надленточным сепаратором, затем грубому и тонкому просеиванию с разминанием комьев на вибрационном сите, после этого повторной магнитной сепарации другим надленточным сепаратором и, наконец, поступает в гомогенизатор. Далее смесь проходит охладитель установки испарительного охлаждения. После этого подготовленная отработанная смесь еще раз подвергается магнитной сепарации на ленте с концевым магнитным шкивом и с помощью элеватора поднимается в бункера емкостью по 80 м³, установленные над смесителями с тарельчатыми питателями диаметром 2 м.

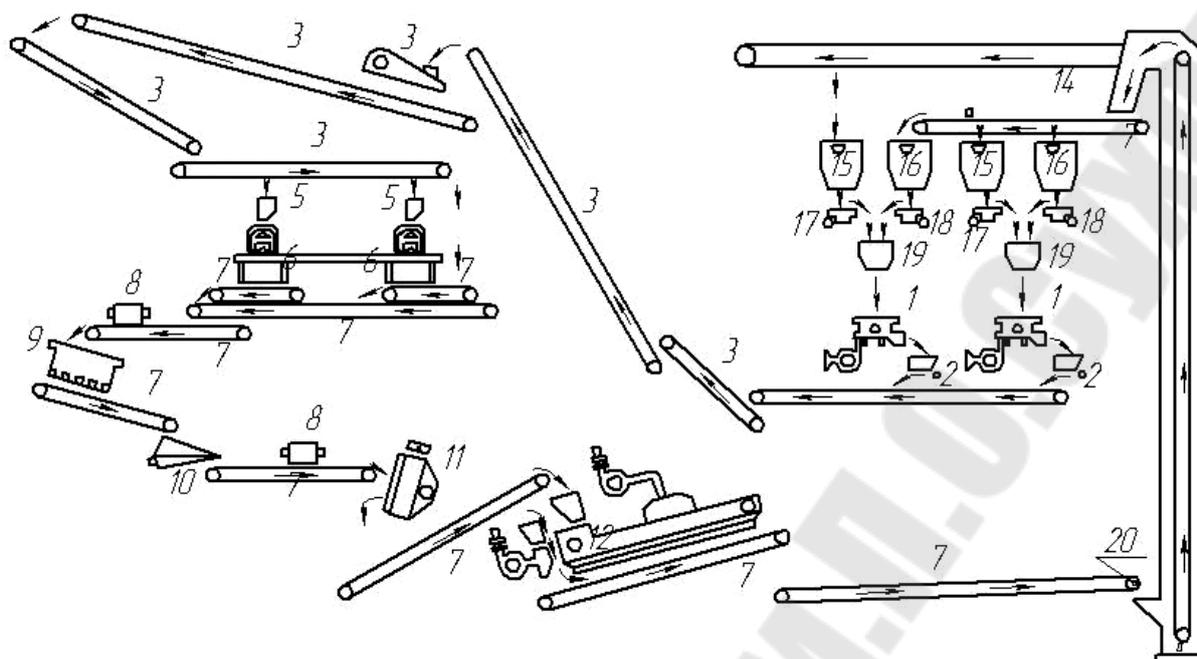


Рис. 27. Схема типовой смесеприготовительной системы для автоматической линии опочной формовки чугунного литья:
 1 – смесители; 2 – речный дозатор; 3 – система ленточных конвейеров для готовой смеси; 4 – аэратор; 5 – расходные бункера; 6 – формовочные автоматы для верхней и нижней полуформ; 7 – система ленточных конвейеров для возврата отработанной смеси; 8 – магнитные сепараторы; 9 – сито для отработанной смеси; 10 – вибропитатель; 11 – гомогенизатор; 12 – охладитель; 13 – элеватор; 14 – ленточный конвейер для свежего песка; 15 – бункера для свежего песка; 16 – бункера для отработанной смеси; 17, 18 – тарельчатые питатели; 19 – весовой бункерный дозатор; 20 – магнитный шкив

Свежий песок, получаемый заводом в готовом для применения виде, подается со склада формовочных материалов системой ленточных конвейеров и элеватором в бункера емкостью 30 м^3 , оснащенный тарельчатым питателем диаметром 2 м над смесителями.

Отработанная смесь и свежий песок из этих бункеров поступают в весовой бункерный дозатор емкостью $2,5 \text{ м}^3$, имеющийся над каждым смесителем. Весовой дозатор опирается на тензометрические датчики системы автоматического взвешивания. Он имеет челюстной затвор с пневмоприводом. Отработанная смесь и свежий песок подаются в весовой дозатор одновременно, причем количество дозируемых материалов определяется временем работы тарельчатых питателей.

Бентонит и уголь вводят в смесь в виде бентонитно-угольной суспензии, содержащей 15–25 % бентонита (Na–Ca) и 8–10 % угля (остальное – вода) в количестве 1,5–3,7 % от массы замеса. Бентонит для приготовления суспензии применяют в порошке, а уголь гранули-

рованный с зерном, соответствующим модулю мелкости по AFS 52–72. В отличие от порошкообразного угля, гранулированный уголь не снижает газопроницаемости смеси и горит дольше, что усиливает его противопопригарное действие. Суспензия готовится в установке с двумя баками (предварительного и окончательного смешивания) емкостью по 6 м³, имеющими по две пропеллерные мешалки. Суспензия подается насосами в расходный бак над смесителями, также снабженный мешалками для поддержания составляющих суспензии во взвешенном состоянии. Из расходного бака суспензия отмеривается дозаторами и подается в смесители.

2.2. Схема смесеприготовительной установки и автоматизация управления смесителями

Смесеприготовительные установки по составу входящих в них устройств и по своему конструктивному исполнению весьма разнообразны. Каждая из смесеприготовительных установок состоит из смесителя, бункеров и дозаторов для сухих компонентов, емкостей и дозаторов для жидких компонентов и транспортных устройств. В качестве примера рассмотрим упрощенную схему смесеприготовительной установки для формовочных смесей, изображенную на рис. 28.

Установка состоит из центробежных смесителей 11 периодического действия, бункеров 5 для отработанной смеси, бункера 6 для песка с тарельчатыми питателями 7 и 15, дозирующих бункеров 8, дозаторов 14 воды и суспензии, промежуточных бункеров 12 с питателями, раздаточного ленточного конвейера 13, элеватора 1 и системы ленточных конвейеров 2 и 3 с плужковыми сбрасывателями 4, обеспечивающих подачу в бункеры исходных материалов.

Оборотная смесь и песок подаются из бункеров 5 и 6 тарельчатыми питателями 7 и 15 в весовые бункерные дозаторы 8 вместимостью 2 м³. Весовые бункерные дозаторы имеют опоры с тензометрическими преобразователями 9 системы автоматического взвешивания и снабжены челюстными затворами с пневмоприводом. Смесь и песок подаются в весовой бункер одновременно, причем доза песка определяется временем работы дискового питателя. После прекращения подачи песка питатель 7 продолжает подачу оборотной смеси до тех пор, пока масса смеси с песком в дозирующем бункере не достигнет требуемой величины. После этого система автоматического взвешивания отключает питатель 7 и дает команду на открытие челюстного затвора 10.

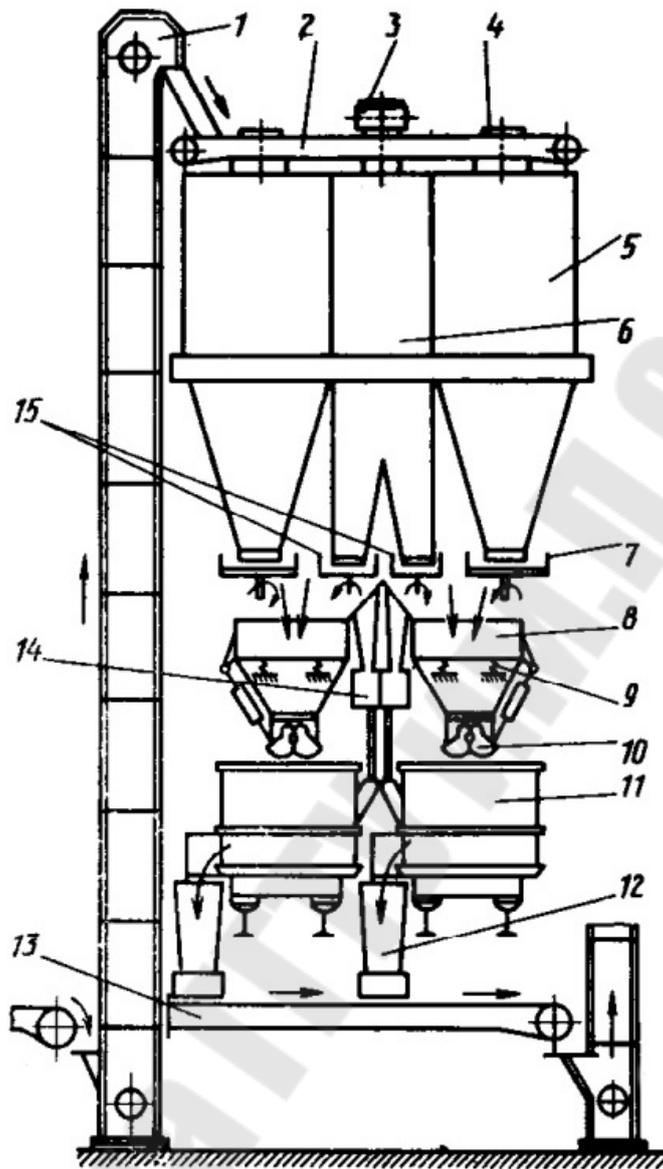


Рис. 28. Схема смесеприготовительной установки

Последовательность приготовления смеси: вводят часть воды (с целью предупреждения плотного прилипания к стенкам смесителя сухой смеси), смесь продувается воздухом, затем подают остальную воду и перемешивают. В период влажного перемешивания смеси ее продувают воздухом для охлаждения, а затем выгружают. Параллельно идет подача песка и отработанной смеси в дозаторы.

Из смесителя смесь выгружается в промежуточный бункер 12 с питателем вместимостью на два-три замеса. Питатель равномерно выдает смесь на раздаточный ленточный конвейер 13, при этом исключается перегрузка и остановка ленточного конвейера. Смесители

обычно снабжаются автоматическими устройствами для контроля и регулирования влажности смеси, а также системой автоматического управления с заданным технологическим циклом. Автоматическое управление рабочим циклом перемешивания смеси в катковых или маятниковых смесителях осуществляется обычно с помощью набора реле времени или же командоаппарата кулачкового типа.

2.3. Автоматизация контроля физико-механических свойств формовочных смесей

При автоматизации процесса смесеприготовления для получения формовочных смесей высокого качества недостаточно иметь только автоматизированный контроль влажности и температуры обработанной смеси. Важно также, чтобы в процессе смесеприготовления проводился непрерывный контроль и регулирование физико-механических свойств формовочных смесей.

Измеряемыми параметрами, кроме указанных выше температуры и влажности смеси, являются газопроницаемость, пределы прочности при сжатии и срезе образца, а управляющим воздействием – количество связующей добавки – пылевидного бентонита или глины, подаваемых в смеситель.

Существующие методы автоматизированного контроля и управления смесеприготовлением можно разделить на две большие группы: методы, в которых управление осуществляется по входным параметрам (система Lippke, разработки фирмы Ditert, АСУ ТП смесеприготовления ВНИИТарматурой и др.) и методы, в которых управление осуществляется по выходным параметрам (рис. 29).

В свою очередь вторую группу методов классифицируют по двум основным признакам: по степени прерывности контроля и характеру контролируемых свойств.

По степени прерывности выделяют прерывный (периодический) и непрерывный контроль; по характеру контролируемых свойств – контроль механико-технологических и реологических параметров. Предложенная классификация охватывает те классификационные признаки, которые являются наиболее существенными для решения задач исследования.



Рис. 29. Классификационная схема методов автоматизированного контроля и управления смесеприготовлением

2.3.1. Анализ методов автоматизированного контроля при управлении смесеприготовлением по входным параметрам

Отличительными чертами методов автоматизированного контроля при управлении смесеприготовлением по входным параметрам являются следующие:

1) управление осуществляется по входным параметрам: свойствам отдельных компонентов, входящих в состав формовочной смеси; температуре, влажности отработанной смеси и др.;

2) управление основывается на статистических данных о функционировании смесеприготовительного участка.

Наиболее яркими представителями рассматриваемой классификационной группы методов являются:

- 1) система Lippke (Германия);
- 2) разработки фирмы Diter (США) и Висконсинского университета;

- 3) способ автоматического контроля приготовления формовочных смесей (Германия);
- 4) диаграмма управления смесеприготовлением;
- 5) АСУ ТП смесеприготовления ВНИИТарматурой;
- 6) система автоматического корректирования влажности смеси фирмы Eirich.

Рассмотрим указанные системы подробнее.

Система Lippke тип FSE-19 представляет собой контролирующее устройство. Остаточное влагосодержание и температура повторно используемой смеси определяются перед подачей ее в бегуны и оцениваются компьютером. Определение влагосодержания основано на емкостном принципе. В зависимости от способа дозирования используются два типа датчиков (мерных конденсаторов):

– в форме полосы – при объемной или весовой дозировке смеси через загрузочный бункер;

– клиновидной формы – при дозировке смеси с ленточного транспортера, без загрузочного бункера.

Определение температуры смеси необходимо для учета погрешности замеров и для автоматического внесения поправки на последующее испарение в процессе перемешивания и после него.

ПЭВМ, исходя из замеренных параметров смеси, определяет количество воды, которую необходимо добавить для получения заданного влагосодержания, соответствующего оптимальному составу готовой смеси, после чего заданное количество воды подается автоматически.

Система Sandmaster представляет собой последнюю модификацию базовой системы Lippke. Данная система определяет не только влагосодержание и температуру смеси, предназначенной для повторного использования, но и ее объемную плотность. Это позволяет регулировать и достигать оптимальных параметров не только по влагосодержанию, но и по объемной плотности, которая, как известно, является одним из важнейших факторов формуемости. Обязательным условием использования системы Sandmaster является весовая дозировка смеси через загрузочный бункер с весами, поскольку принцип работы системы основан на использовании порций смеси постоянного веса.

Системы Lippke гарантируют подачу воды в смесь в такое время, которое обеспечивает оптимальную однородность смеси без увеличения времени на ее перемешивание. Например, смесь может начать уплотняться до того, как она будет подана в бегуны. Этот процесс Lippke коренным образом отличается от других систем, в ко-

торых подача воды заканчивается только к концу процесса перемешивания. В отличие от этих систем процесс Lippke обеспечивает наиболее оптимальный режим смесеприготовления.

Системы Lippke могут также применяться в дуплексном варианте с двумя бегунами, которые при этом работают последовательно. Размеры порций в этом случае могут быть разными.

Регулирование подачи воды осуществляется в системе в зависимости от замеренных значений влагосодержания, температуры и объемной плотности отработанной смеси.

Система Sandmaster представляет собой более совершенную модификацию системы FSE-19 с точки зрения технологии процесса. В системе FSE-19 остаточное влагосодержание отработанной смеси измеряется стержневым датчиком, который определяет количество воды, которое необходимо добавить для получения заданного уровня влагосодержания индивидуально для каждой порции. Автоматическая дозировка обеспечивает постоянное значение влагосодержания на заданном уровне.

Однако опыт последних лет показывает, что качество песчано-глинистой смеси определяется не постоянным содержанием воды, а степенью увлажнения, что выражается соотношением активной связующей глины и воды. Из этого следует, что для разных порций может потребоваться различное количество воды.

Поскольку содержание связующей глины в отработанной смеси невозможно определить непосредственно перед процессом перемешивания или во время него, необходимо было найти какой-то опосредованный параметр, который мог бы быть измерен заранее. Для этой цели была выбрана объемная плотность.

На рис. 30 показано принципиальное устройство системы Sandmaster. Ключевым устройством системы является специально изготовленный стержневой конденсаторный датчик, расположенный в центре взвешивающе-загрузочного бункера. Этот датчик имеет специально подобранную длину, и при загруженном бункере немного выступает над конусом насыпанной смеси. Работа устройства основана на том, что объемная плотность смеси изменяется в зависимости от ее влагосодержания, что в свою очередь зависит от расширения присутствующей в ней активной связующей глины. Это означает, что объем постоянно заданной весовой порции отработанной смеси может быть использован как показатель для определения количества воды, которую необходимо добавить к данной порции.

Данное положение проиллюстрировано на рис. 31, где *а* – уровень смеси с более высоким влагосодержанием, т. е. меньшей плотностью; *б* – уровень смеси с более низким влагосодержанием, т. е. большей плотностью.

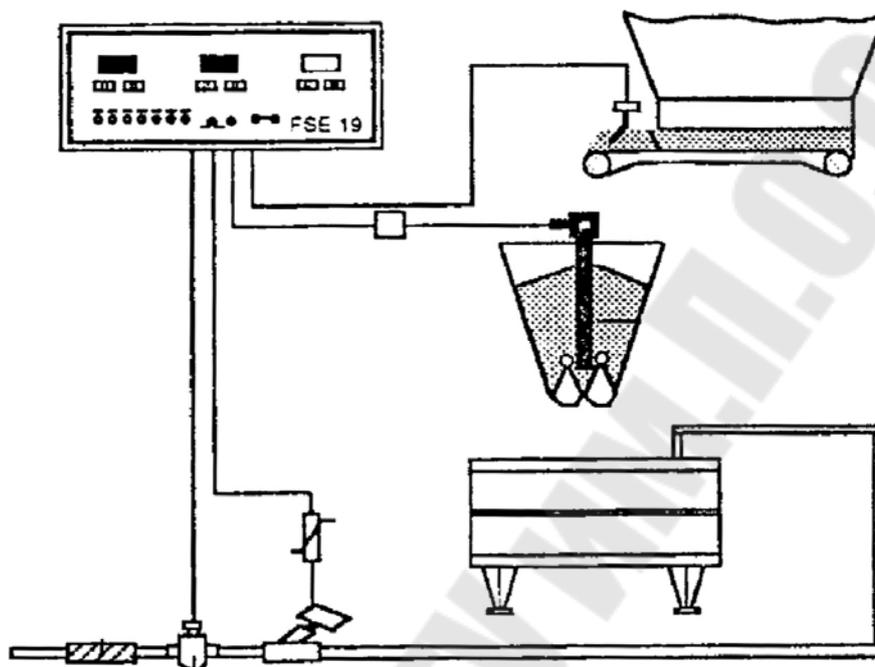


Рис. 30. Принципиальное устройство системы контроля насыпной плотности смеси фирмы Lippke

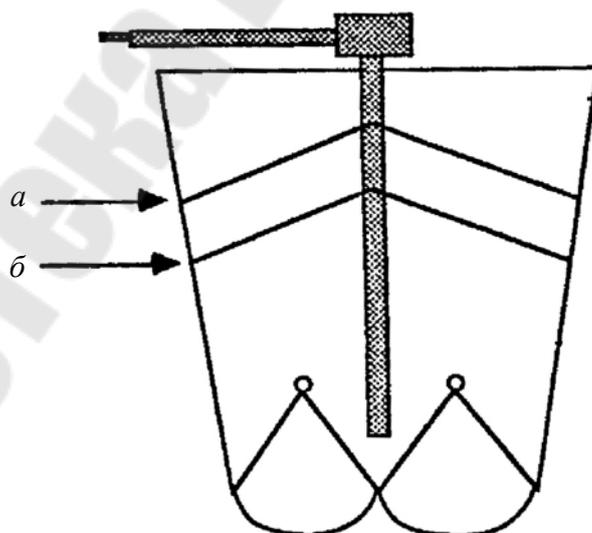


Рис. 31. Уровни смеси с различной насыпной плотностью

Кроме обычного определения проводимости как показателя остаточного влагосодержания, новый датчик определяет высоту засыпки смеси в бункере, которая соответствует ее объемной плотности и передает эти значения в компьютер. Компьютер рассчитывает необходимое количество воды, так же как и в модели FSE-19, но с учетом поправки на объемную плотность смеси, и затем рассчитанное количество воды автоматически добавляется в смесь.

Итак, в системах Lippke (в том числе в системе Sandmaster) основными контролируруемыми параметрами являются: влагосодержание, температура и объемная плотность отработанной смеси. По мнению авторов, контроль именно этих параметров позволяет обеспечить требуемые свойства формовочных смесей. Важность контроля такого показателя как объемная плотность не вызывает сомнения, однако в научной и технической литературе существуют и другие мнения по поводу комплекса контролируемых параметров. В частности, некоторые авторы предлагают использовать системы, контролирующие уплотняемость, влажность и температуру как отработанной, так и готовой формовочной смеси.

Способ автоматического контроля приготовления формовочной смеси (Германия) реализуется следующим образом. Из дозы отработанной смеси, выдаваемой перед началом смесеприготовления из бункера в весовой дозатор, пробоотборником отбираются пробы в количестве, достаточном для ее представительной характеристики, направляя их для усреднения в малый смеситель, куда одновременно подают дозы воды. После соответствующего перемешивания отобранных проб с водой прибором определяют уплотняемость и температуру отобранной смеси. Затем в смеситель вводят следующую дозу воды, и после очередного цикла перемешивания вновь измеряют названные параметры.

По результатам указанных двух замеров с помощью ПЭВМ на базе трехмерной матрицы «влажность–уплотняемость» определяют оптимальную дозу воды, подлежащую подаче в основной смеситель. С помощью процессора и весового дозатора возможна также приближенная корректировка доз добавок для следующего замеса.

По окончании процесса смесеприготовления определяют уплотняемость, влажность и температуру готовой смеси по ее пробе, отбираемой на выходе из смесителя пробоотборником. По результатам трех проведенных замеров с помощью ПЭВМ на базе названной трехмерной матрицы устанавливают абсолютное содержание в приго-

товленной смеси активной глины и отмучиваемых компонентов и, сравнивая полученные значения с заданными, вносит необходимые коррективы в режимы дозирования бентонита и свежего песка для следующих замесов.

Способ автоматического контроля приготовления формовочной смеси позволяет повысить точность дозирования компонентов приготовляемой смеси и тем самым существенно сократить период стабилизации ее технологических параметров.

Как уже отмечалось выше, отличительной чертой анализируемых методов контроля является то, что управление основывается на статистических данных о функционировании смесеприготовительного участка. Поэтому отдельное направление научных разработок и исследований в этой области посвящено проблеме наиболее полного, качественного и оперативного учета статистической информации. Интересной в этом плане является система управления смесеприготовлением с использованием диаграмм.

Рассмотрим, например, диаграмму управления системой смесеприготовления, разработанную Левелинком, Ван ден Бегром и Франком (Германия).

Зная термическую нагрузку системы формовочной смеси, потребность в бентоните и необходимый уровень активной составляющей, можно составить диаграмму, по которой можно определить взаимоотношения указанных величин. Для того чтобы ограничить число измеряющихся величин, целесообразно поддерживать постоянный уровень прочности на сжатие, т. е. для каждого уровня прочности на сжатие следует составить отдельно свою диаграмму.

При применении диаграммы регулирования желательно, чтобы уровень прочности на сжатие составлял 2 кг/см^2 при насыпном весе $0,8 \text{ г/см}^3$. Исходя из гигроскопичности формовочной смеси, общее содержание активной составляющей должно составлять 13 %. При введении в систему формовочной смеси каменноугольной пыли следует считать, что потери при прокаливании составят около 6 %, доля органической активной составляющей будет равна 3 %; доля неорганической активной составляющей тогда составит 10 %. Это значение следует найти на диаграмме. При отношении чугуна – формовочная смесь 1 : 6 требуемое содержание добавки бентонита составило бы 0,48 %, а потребность в свежем песке 2,7 %.

Если бы добавка стержневой смеси составляла 1,5 %, то свежего кварцевого песка надо было бы добавлять 1,2 %. Простоты ради все

эти добавки соотносятся с количеством отработанной формовочной смеси. В приведенном примере степень освежения равна 16 %. Для этого случая следовало бы, исходя прежде всего из соображений экономичности, подумать, надо ли снизить долю добавляемого свежего материала до 10 %, при условии, что это допускает качество формовочной смеси, тогда общее содержание активной составляющей составило бы $11,6 + 3 = 14,6$ %. Содержание бентонита могло бы быть снижено до 0,42 %. Добавки свежего песка – 1,7 %. В этом случае освежение было бы достигнуто в основном за счет стержневой смеси, оставшейся в системе.

С помощью этой диаграммы регулирования можно установить соответствие между дозировкой и требованиями производства. С ее помощью можно также достигнуть определенного равновесия в системе формовочной смеси и ее нужные качества. Кроме того, эта диаграмма позволит разработать определенные системы формовочной смеси, не ожидая результатов измерений, продолжающихся довольно долго.

Развитие вычислительной техники, в частности разработка и внедрение ПЭВМ, позволили существенно упростить и ускорить процессы обработки статистической информации при одновременном увеличении ее объемов. Это создало необходимые условия для проектирования более сложных систем управления смесеприготовлением как у нас в стране (разработки ВНИИТарматуры), так и за рубежом (разработки фирмы Ditert и Висконсинского университета).

Фирмой Ditert и Висконсинским университетом разработана общая программа управления смесеприготовительными процессами для нескольких цехов, выпускающих отливки из черных сплавов. В ней учтены номенклатура отливок и свойства сплавов, физико-механические свойства формовочных материалов, состояние смесеприготовительного оборудования, в том числе его износ, эффективность вентиляционной системы, вид и точность дозирующих устройств каждого компонента смеси. Информация о состоянии смесеприготовительной системы и свойствах смеси передается по еженедельным и ежедневным программам. Последняя состоит из восьми подпрограмм, в которые входят результаты анализа по влажности, уплотняемости, по весу стандартного образца, газопроницаемости, сырой прочности, по проникновению шарового пуансона в стандартный образец, по зерновому составу и глиносодержанию. Каждый анализ производится оператором системы по нескольким об-

разцам, отобранным вблизи формообразующего узла автоматической линии еще в нескольких точках смесеприготовительной системы. После проведения анализа оператор по телетайпу передает сообщение на ПЭВМ. При этой передаче оператор указывает код своего цеха и характер отливок (отношение веса смеси в форме к весу залитого металла). При обнаружении отклонений ПЭВМ не позднее чем через 2–7 мин сообщает инструкцию для оператора по изменению режимов смесеприготовления, а так же дает сообщение в технологический отдел литейного цеха и руководству предприятия. Типичная информация, поступающая к оператору, выглядит так: «Для вашего соотношения металл-форма 9 : 1 следует добавить в каждый замес 33,3 фунта песка, 6,85 фунта глинистой и 5,25 фунта угля».

Разработанная ВНИИТарматурой АСУ ТП смесеприготовления предназначена для автоматизации процессов набора, дозирования и загрузки исходных компонентов смеси в бегуны периодического действия, приготовления глинистой суспензии нужной плотности, приготовления и выдачи готовой смеси, контроля ее формуемости с корректированием доз воды в зависимости от влажности исходных компонентов.

Дозирование сыпучих компонентов осуществляется с помощью весовых электронно-тензометрических дозаторов, глинистой суспензии и воды – индукционными расходомерами, противопопригарных добавок – объемными дозаторами (рис. 32).

АСУ ТП смесеприготовления функционирует в двух режимах: информационно-измерительном; непосредственного цифрового управления, при котором управляющий вычислительный комплекс с помощью алгоритмов вырабатывает управляющие сигналы и выдает их на исполнительные механизмы технологического оборудования.

За счет применения средств контроля возможен переход на дистанционный режим управления с пульта оператора и ручной режим с местных пультов управления. Аналогами системы являются установки на КамАЗе и ВАЗе, использующие импортное оборудование.

Принципиальная схема системы автоматического корректирования влажности смеси фирмы Eirich представлена на рис. 33.

Eirich-корректирование влажности регулирует формуемость посредством регулирования добавки воды в зависимости от влажности и температуры отработанной смеси.

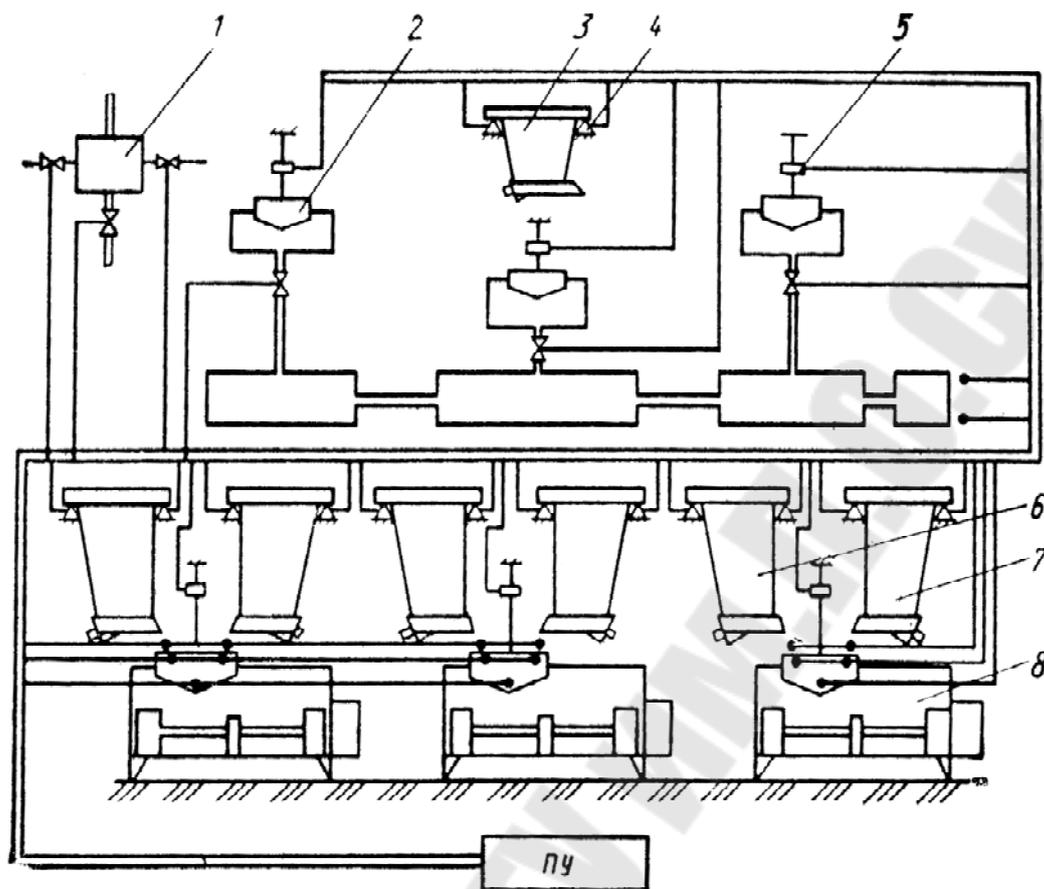


Рис. 32. Структурная схема АСУ ТП смешеприготовления в системе периодического действия:

1 – дозатор; 2 – смеситель суспензии бентонита; 4–5 – силоизмерительные датчики; 6 – бункер обратной смеси; 7 – бункер песка; 8 – смеситель периодического действия; ПУ – пульт управления системой АСУ ТП

Принцип действия: отработанная смесь, песок и добавки подаются в смеситель. После кратковременного смешивания измерительный зонд опускается в гомогенизированную смесь. Зондом измеряется температура и влажность смеси и на ПЭВМ рассчитывают по этим данным в зависимости от желаемых параметров смеси (насыпаемая масса смеси) необходимое количество воды, которое должно добавляться. При этом ПЭВМ дополнительно рассчитывает необходимое количество воды для компенсации потерь влажности, возникающих за счет высокой температуры песка и последующего испарения по пути перевозки до потребителя. Рассчитанное количество воды подается из ватерпаса (весы для воды) в смеситель.

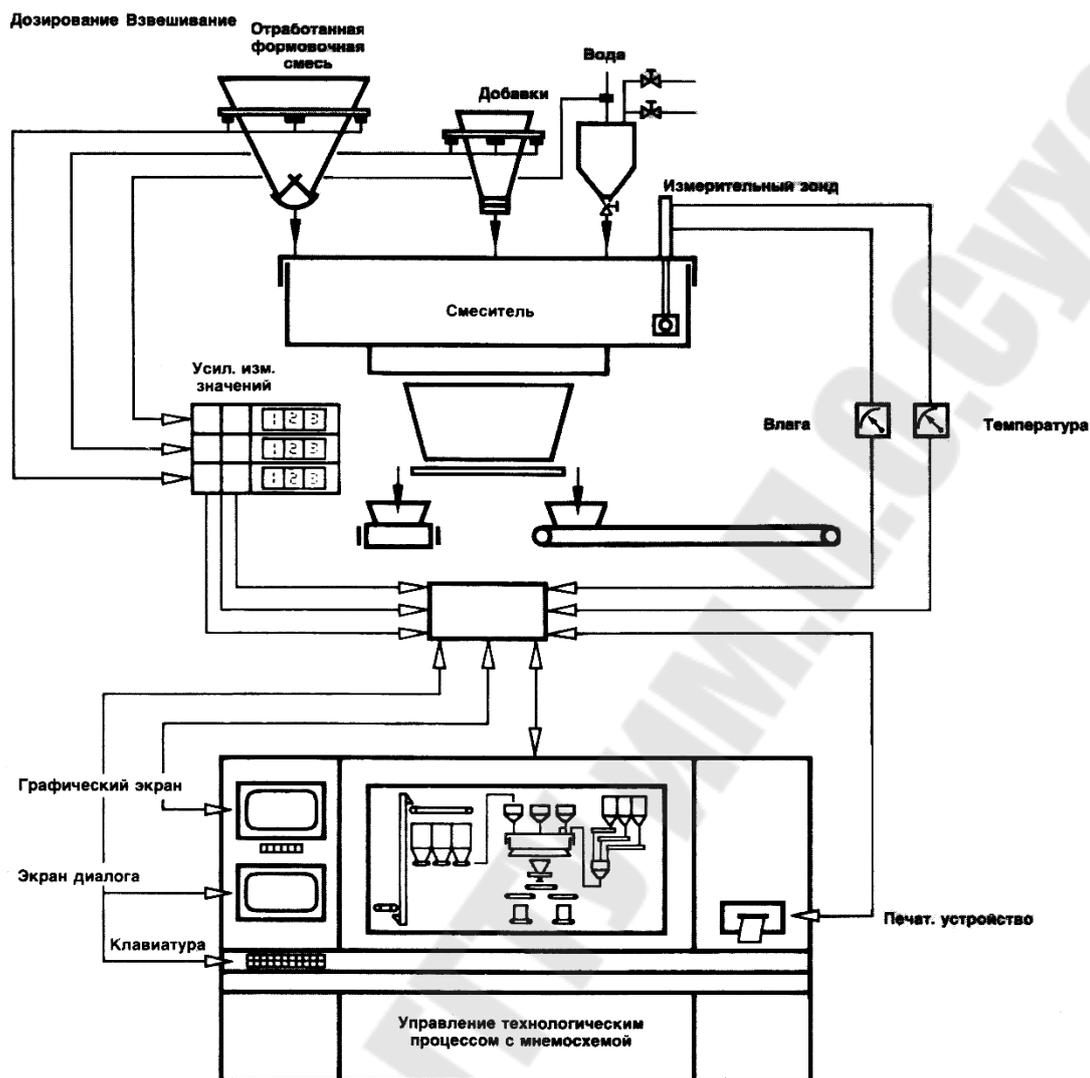


Рис. 33. Принципиальная схема системы автоматического корректирования влажности смеси фирмы Eirich

Преимущество этой системы в том, что измеряются не только значения отработанной смеси (влажность, температура), а и значения гомогенизированной смеси.

В результате анализа рассмотренных методов автоматизированного контроля при управлении смесеприготовлением по входным параметрам можно сделать выводы:

1) для всех рассматриваемых методов характерно то, что управление смесеприготовлением основано на измерении различных параметров отработанной смеси и освежающих компонентов; а также на статистических данных о функционировании смесеприготовительного участка;

2) основной заслугой ученых, работающих в этом направлении является то, что ими впервые была поставлена и в определенной степени решена проблема контроля качества формовочной смеси, как основы (фундамента) обеспечения качества отливок. Развитие научно-технического прогресса позволяет решать поставленные задачи более современными средствами, не уменьшая при этом исторического значения методов контроля по входным параметрам;

3) существование данных методов регулирования, с точки зрения теории, сводится к удержанию на заданном уровне выходной величины (требуемой деформации смеси), когда изменяется только одна входная величина (доза воды), при условии стабилизации остальных входных воздействий (например, глиносодержания). Поэтому системы регулирования, построенные на таких методах, очень неустойчивы по отношению к входным воздействиям и работоспособны лишь при условии полной их стабилизации. В этом основной недостаток этих систем;

4) система обратной связи недостаточно эффективна, так как контроль свойств формовочных смесей осуществляется после завершения процесса смесеприготовления и участвует в корректировке процесса лишь как статистический параметр.

При таком многофакторном процессе, как получение отливок в сырых формах, статистические эталоны в памяти ПЭВМ могут обезопасить цех от дефектности отливок, но они не могут оптимизировать процесс. Накапливаемая в памяти ПЭВМ информация позволяет надеяться создателям этой системы найти в будущем корреляционные зависимости между различными технологическими параметрами и разработать систему оптимального управления процессом смесеприготовления.

2.3.2. Анализ методов автоматизированного прерывного контроля механико-технологических свойств формовочных смесей

Отличительными чертами методов автоматизированного прерывного контроля механико-технологических свойств формовочных смесей являются следующие:

- 1) управление осуществляется по выходным параметрам: механико-технологическим свойствам формовочных смесей;
- 2) управление использует усредненные входные параметры;
- 3) система обратной связи недостаточно эффективна, так как контроль свойств формовочных смесей осуществляется после завер-

шения процесса смесеприготовления и воздействует на последующие процессы смесеприготовления.

Наиболее яркими представителями рассматриваемой классификационной группы методов являются:

- 1) установка КМЦ (МАСИ (ВТУЗ-ЗИЛ), ЯЭМЗ) (Россия);
 - 2) разработки фирмы Diter (США);
 - 3) трехпозиционная система (США);
 - 4) установка Павлодарского индустриального института (Россия).
- Рассмотрим указанные системы подробнее.

Прибор для автоматизированного экспресс-контроля параметров формовочной смеси разработан на Ярославском электромашиностроительном заводе под руководством проф. И. В. Матвеевко.

Прибор автоматический роторного типа предназначен для оперативного контроля в условиях промышленного производства начальной плотности и модуля упругости формовочной смеси и автоматической выдачи информации для регулирования процессов смесеприготовления и формообразования. Состоит из устройств отбора и подготовки смеси, уплотнения и взвешивания образцов, электронного преобразователя информации для выдачи на ПЭВМ.

Все операции выполняются в автоматическом режиме в течение 10 с.

Определение начальной плотности основано на взвешивании образца; модуля упругости – на определении величины абсолютной деформации смеси под действием определенного усилия.

Формовочная смесь отбирается из смесителя или с ленточного транспортера с помощью плужка непосредственно перед формовочным автоматом, просеивается через сито с сеткой № 8 ГОСТ 3826–82 под воздействием вибратора и засыпается в гильзу стальную, шлифованную, с внутренним диаметром $D = 50 + 0,025$ мм и высотой $H = 100$ мм.

С помощью шагового механизма стол поворачивается на 120 градусов, во время движения стола неподвижный скребок счищает излишки смеси и гильза подается на позицию уплотнения.

Уплотнение производится падающим грузом с регулируемой массой от 5 до 8 кг.

В исходном положении нижний торец груза находится на расстоянии 1 мм от гильзы. При сбрасывании упора груз падает вниз и уплотняет смесь на определенную величину.

С помощью специального механизма линейные перемещения груза преобразуются во вращательные. Угол поворота датчиком

BE-1789 преобразуется в число импульсов в пропорции 1 импульс на 0,1 мм линейного перемещения груза. Электронное счетное устройство производит подсчет импульсов, их число индуцируется на электронном табло и выдается в устройство связи с ПЭВМ.

На следующей позиции открывается дно гильзы и уплотненная смесь с помощью пневмоцилиндра выталкивается на чашу электронных весов, которые имеют выход на ПЭВМ.

Подъем груза в исходное положение осуществляется с помощью кронштейна пневмоцилиндром при движении штока вверх, а установка груза на упор и срабатывание упора – при движении штока вниз.

С чашки весов смесь счищается скребком со щеткой, закрепленной на поворотном столе.

Конструкция прибора обеспечивает высокоскоростную и надежную работу механизма в лабораторных и промышленных условиях в составе автоматических формовочных и смесеприготовительных линий.

Прибор для автоматического определения требуемой добавки глинистого связующего в формовочную смесь (США) (рис. 34) представляет собой трехпозиционную установку, в которой используется цилиндрическая гильза с внутренним диаметром 50 мм, закрытая снизу вертикально перемещающимся плунжером.

На первой позиции гильза заполняется формовочной смесью, пропускаемой через сито; смесь подается с избытком. При переходе на вторую позицию стандартный скребок срезает избышек смеси с гильзы.

На второй позиции определяется влажность смеси (путем измерения ее электропроводности) и уплотняемости (поршень, на который воздействует определенное усилие, входит сверху в гильзу и уплотняет смесь; сенсор фиксирует положение поршня при его остановке).

На третьей позиции определяется сырая прочность смеси на сжатие. При этом указанный нижний плунжер поднимается, частично выталкивая уплотненный образец смеси из гильзы (наружу выдвигается верхний отрезок образца длиной 50 мм). Затем сверху опускается второй поршень, нажимающий на выдвинутую часть образца и разрушающий ее; измеряется усилие, при котором происходит разрушение. После этого нижний плунжер продолжает подъем и полностью выталкивает уплотненный образец смеси из гильзы.

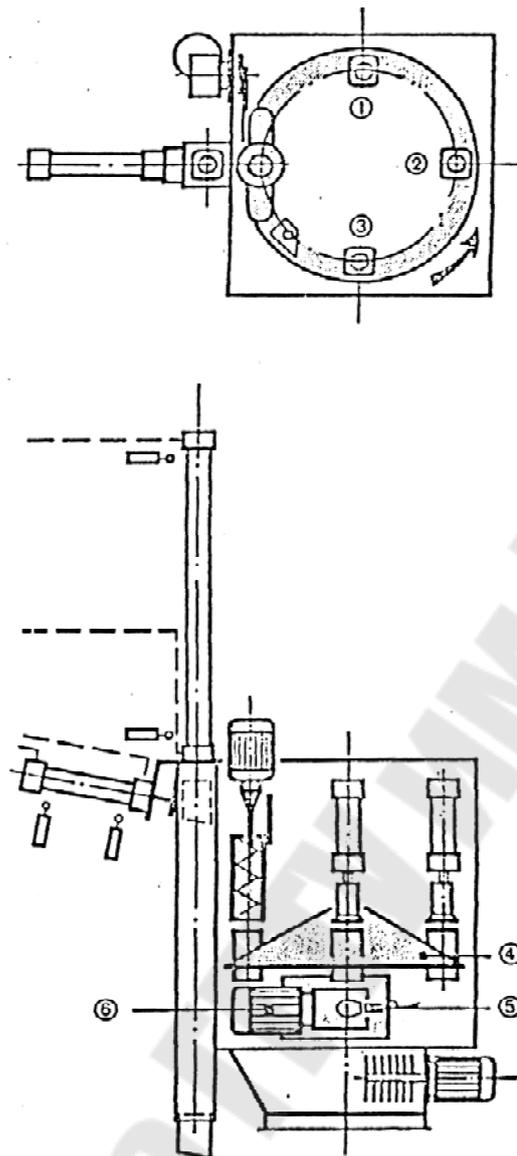


Рис. 34. Трехпозиционная установка для автоматического определения требуемой добавки глинистого связующего в формовочную смесь:

1 – сбрасывающая станция; 2 – станция среза; 3 – станция уплотнения; 4 – вращающаяся тарелка; 5 – редуктор привода; 6 – электродвигатель

Указанные результаты измерений подаются в процессор для обработки данных, процессор рассчитывает (по известной формуле) эффективное содержание связующего в смеси. Результаты расчета передаются в контроллер, который соответственно корректирует (увеличивает или уменьшает) дозу связующего, подаваемого в смеситель.

Интегрированная система управления процессом смесеприготовления разработана фирмой Ditert (США) (рис. 35, где 1 – станция заполнения; 2 – станция уплотнения; 3 – станция среза; 4 – приводная

станция; 5 – станция выдавливания) с целью повышения качества оборотной песчано-глинистой формовочной смеси. Она позволяет (после достижения смесью заданного уровня индекса формуемости на установке Moldability Control) автоматически осуществлять контроль и регулирование свойств готовой оборотной смеси (на установке Rotocontrol), таких как уплотняемость (для контроля влажности); пределы прочности на сжатие, расслоение и срез (для регистрации количества связующего); газопроницаемость (для контроля гранулометрического состава). Результаты измерений протоколируются на контрольных картах (рис. 36).

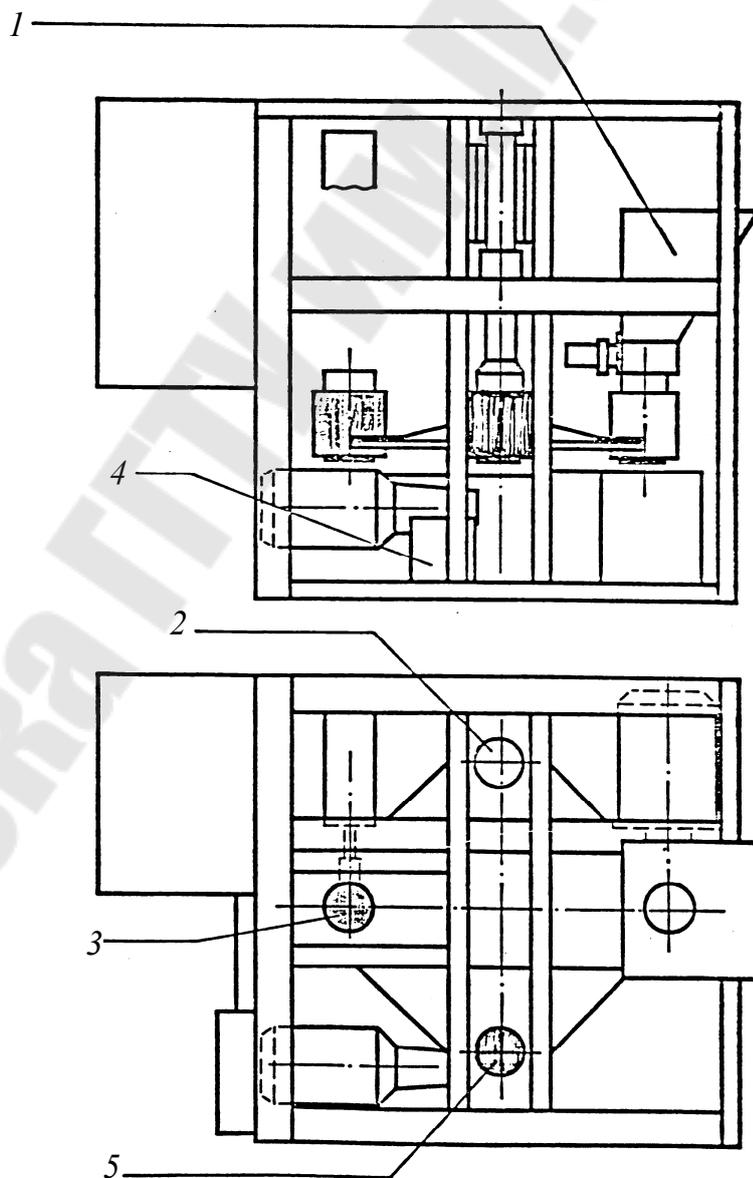


Рис. 35. Интегрированная система управления процессом смесеприготовления, разработанная фирмой Ditert

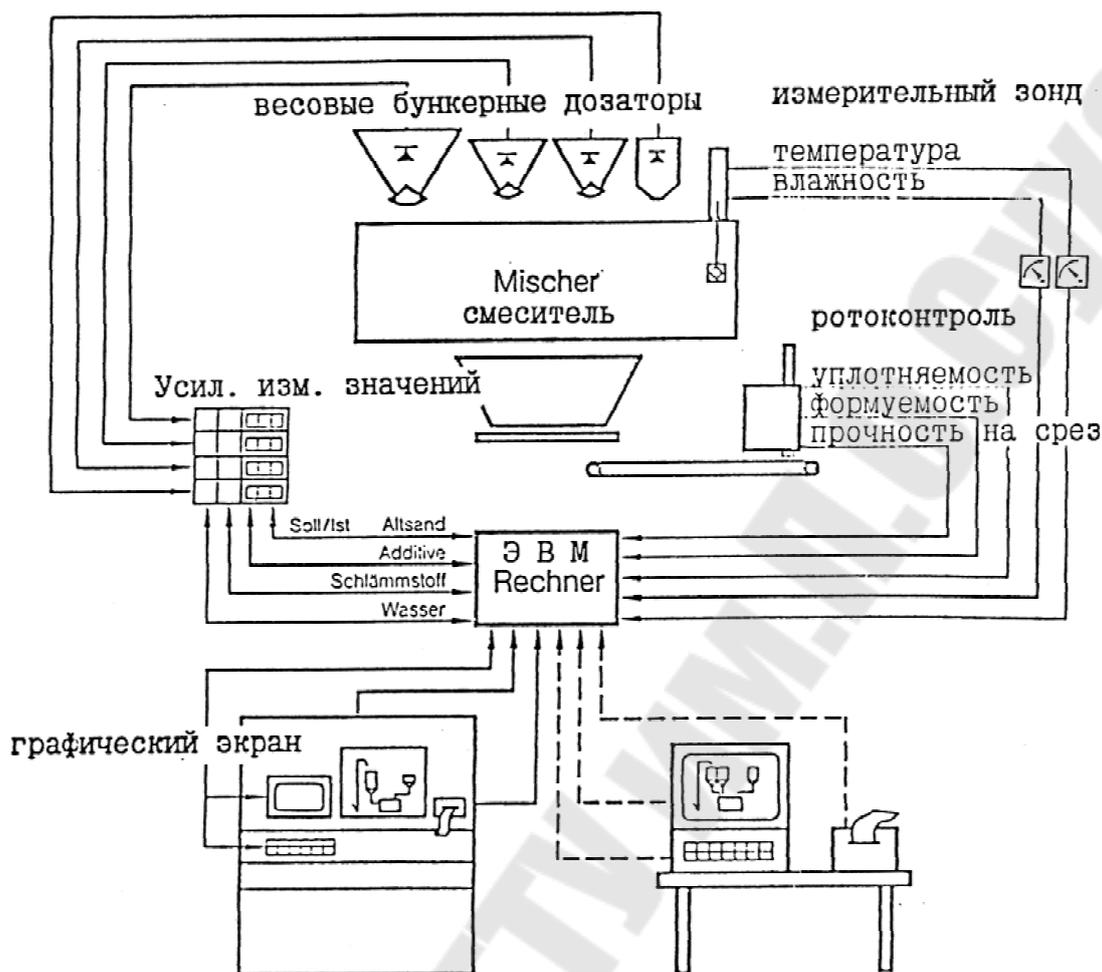


Рис. 36. Установка автоматизированного экспресс-контроля физико-механических свойств формовочных смесей

Все указанные величины измеряются в течение 10–30 с и используются для автоматической корректировки доз компонентов и параметров работы смесителя при приготовлении следующего замеса. Осуществляется статистический контроль добавок связующего и угольной пыли. Описанная система обеспечивает стабильное требуемое качество формовочной смеси и постоянную информацию о качестве смеси.

Павлодарским индустриальным институтом (ПИИ) разработана и испытана установка автоматизированного экспресс-контроля физико-механических свойств формовочных смесей. Установка состоит из устройства подготовки, формирования, перемещения образца в зону измерения свойств и управления механизмами. Она измеряет не более чем за 1,5 мин следующие параметры: поверхностную прочность, предел прочности на сдвиг, температуру смеси, влажность, газопроницаемость, массу образца.

Физико-механические свойства контролируют на специально изготовленных образцах с помощью набора датчиков. Работа датчиков основана: для определения влажности – на измерении диэлектрической проницаемости (первый метод) и на измерении числа продуктов химической реакции вследствие химического связывания влаги, содержащейся в смеси (второй метод); для определения газопроницаемости – на замере падения давления воздуха при продувке образца формовочной смеси; для определения предела прочности на сжатие – на замере глубины внедрения в образец цилиндра; для оценки поверхностной прочности – на измерении глубины внедрения в смесь тороида (принцип Н. А. Цытовича); для оценки предельного напряжения сдвига – на измерении глубины внедрения в смесь конуса (принцип П. А. Ребиндера) и для оценки предела прочности на разрыв – на принципе измерения максимальной нагрузки на штоке пневмоцилиндра, производящего разрыв образца.

В результате анализа методов автоматизированного прерывного контроля механико-технологических свойств формовочных смесей можно сделать следующие выводы:

1) все рассмотренные системы контроля идентичны по методике испытаний и основаны на усредненных входных параметрах; различаются они лишь по тому, какие механико-технологические свойства формовочных смесей используются в качестве выходных параметров;

2) основным преимуществом рассматриваемых методов является то, что они предоставляют возможность управлять процессом формообразования в реальном масштабе времени. В процессе формообразования осуществляется его корректировка в зависимости от контролируемых механико-технологических свойств формовочных смесей;

3) основным недостатком рассматриваемых методов является то, что они не позволяют управлять процессом смесеприготовления в реальном масштабе времени. Система обратной связи недостаточно эффективна, так как контроль свойств формовочных смесей осуществляется после завершения процесса смесеприготовления и воздействует на последующие процессы смесеприготовления.

Итак, существующий в большинстве литейных цехов контроль состава смеси по результатам периодических лабораторных анализов неэффективен. Поскольку корректирование осуществляется «постфактум», не исключена возможность несоответствия состава и свойств смеси техническим условиям.

2.3.3. Анализ методов непрерывного автоматизированного контроля механико-технологических свойств формовочных смесей

Наиболее яркими представителями рассматриваемой классификационной группы методов являются:

1) разработки фирмы Georg Fischer, Aktiengesellschaft, Schaffhausen (Швейцария);

2) разработки фирмы Ditert (США);

3) АСУ ТП смесеприготовления НИИ тракторсельхозмаша.

Рассмотрим указанные системы подробнее.

Устройство автоматического увлажнения формовочных смесей в смесеприготовительных установках разработано фирмой Georg Fischer по системе Ditert; это так называемое устройство для контроля формуемости, которое включает (рис. 37): 1 – контроль формуемости; 2 – отбор проб смеси; 3 – ленточный питатель; 4 – температурные датчики; 5 – измеритель расхода воды; 6 – контроль подачи воды в соответствии с температурой песка; 7 – манометр; 8 – подача воды; 9 – кран; 10 – регулятор подачи воды (грубая регулировка); 11 – шкаф управления.

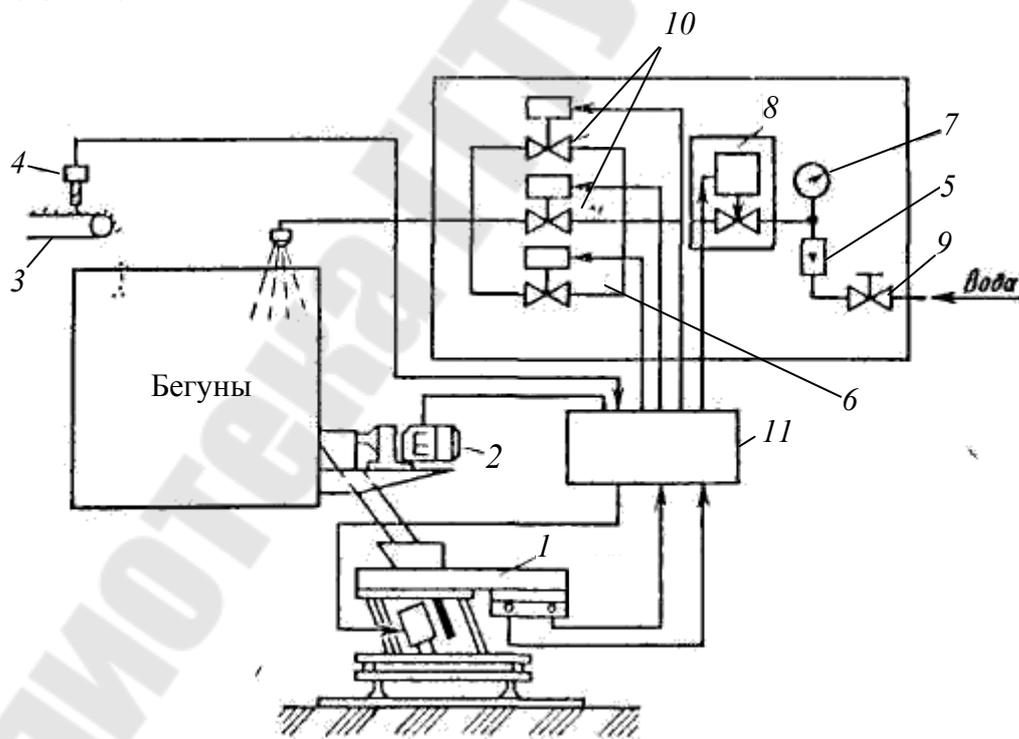


Рис. 37. Схема регулирования формуемости с термокомпенсацией и самонастройкой

Состояние формуемости формовочной смеси обуславливается влажностью смеси и составом таких ее компонентов, как обратная смесь, глиняная связка, угольная пыль и т. д. Заданному составу твердых составляющих соответствует «правильное содержание воды». Этот коэффициент «правильного содержания воды» не представляет собой физическую характеристику, он отражает состояние оптимальной влажности смеси. Для характеристики свойств увлажненной смеси фирмой Diterт было создано понятие «свойство формуемости», под которым понимается когезия легко насыпанной смеси и ее способность просеиваться через сито и отверстия определенной величины. Способность просеиваться смеси уменьшается с увеличением содержания воды. Требуемое свойство смеси для формовки считается достигнутым в том случае, когда смесь больше не проваливается через сито или отверстия определенной величины. Необходимо учесть, что горячая смесь с определенным содержанием влажности легче проходит через отверстия, чем холодная смесь с той же степенью влажности.

Эти свойства используются для измерения влажности. Во время приготовления в смесителе смесь постоянно контролируется и увлажняется. Количество и плотность смеси не оказывают никаких влияний. Пока отбираются пробы для измерений, совершенно безразлично, полностью или частично смеситель загружен.

Пробы отбираются через выходное отверстие стенки смесителя непрерывного или периодического действия. Предпосылкой для точных измерений является равномерный выход смеси, что обеспечивается вращающейся разгрузочной пружиной и периодическим продуванием выходного отверстия.

Устройство для регулирования влажности формовочной смеси состоит из верхнего приемного лотка со щелью, распределительных лотков, между которыми выполнены две щели (площадь сечения щелей увеличивается от входа к выходу), измерительного лотка, фотодатчиков, установленных соответственно под щелями, вибратора, упругого элемента, желоба, по которому формовочная смесь из смесителя подается в датчик формуемости, счетно-решающего устройства, входы которого связаны с фотодатчиками, а выход – с управляющим устройством, вентиля, обеспечивающего подачу требуемого количества воды в смеситель. Счетно-решающее устройство, куда каждые 0,1 с вводятся данные от фотодатчиков, каждые 10 с осуществляет расчет среднего значения влажности.

Под действием вибрации формовочная смесь поступает на приемный лоток, перемещается к его выходу, при этом часть смеси через

указанную щель падает на распределительный лоток и перемещается в направлении третьего распределительного лотка. В процессе перемещения по распределительным лоткам часть формовочной смеси через зазоры между ними падает на измерительный лоток. Количество смеси, поступающей на измерительный лоток, зависит от ее влажности. На распределительном лотке установлены фотодатчики, с помощью которых контролируется толщина слоя смеси на измерительном лотке. Если толщина слоя смеси больше определенной величины, подается сигнал на увеличение подачи в смеситель воды, а если она меньше определенной величины, то подается сигнал на уменьшение подачи воды. На выходе каждого распределительного лотка закреплены выпуклые накладки, компенсирующие неравномерность поступления смеси на распределительные лотки, благодаря чему повышается точность контроля влажности.

Отечественными учеными также разработана система непрерывного автоматизированного контроля механико-технологических свойств формовочных смесей, аналогичная рассмотренной выше (система автоматического регулирования формуемости смеси (САРФ), разработанная Киевским институтом автоматики). Отличительной чертой системы, разработанной в НИИ тракторсельхозмаше, является то, что с ее помощью может быть осуществлен многофакторный контроль свойств формовочной смеси.

Для автоматического контроля и стабилизации свойств смесей в подконтрольной области необходимы представительная проба 0,3–0,6 % расхода смеси и графики зависимости контролируемых свойств от количественных соотношений большинства компонентов смеси. С ленты плужком, управляемым уровнемерами, смесь в количестве 0,3–0,6 % производительности отделения поступает в сито или в дезинтегратор и через промежуточный бункер, дозирочную щель и ленточный питатель в дозирующий бункер установки, откуда формирующие образец секции вертикально-замкнутого конвейера направляют смесь через регулируемое заслонкой отверстие под уплотняющий каток. Уплотненный образец поступает в зону датчиков системы автоматического контроля. На каретке располагаются датчики и для измерения диэлектрической постоянной и газопроницаемости. В начале цикла каретка опускается, датчики прижимаются к образцу и движутся вместе с ним. Значения свойства фиксируются в конце движения, у скребка, когда заканчивается переходный процесс, каретка поднимается и возвращает датчики в исходное положение.

В момент этого движения рабочая пластина датчика очищается от приставшей пленки, влаги и пыли.

В результате анализа методов непрерывного автоматизированного контроля механико-технологических свойств формовочных смесей можно сделать следующие выводы:

1) основной отличительной чертой рассматриваемых методов является то, что они позволяют осуществить непрерывный контроль свойств формовочной смеси, значение которого особенно велико в условиях автоматизации процесса смесеприготовления;

2) основным преимуществом рассматриваемых методов является то, что они предоставляют возможность управлять в реальном масштабе времени не только процессом формообразования, но и процессом смесеприготовления;

3) основным недостатком рассматриваемых методов является то, что они основываются на наиболее изученных упругих свойствах формовочных смесей и ее вязкости и не учитывают наименее изученных – пластичности.

Формовочная смесь является сложным реологическим телом и обладает всеми фундаментальными свойствами реологического тела: упругостью, вязкостью, пластичностью, по-разному проявляющих себя при смесеприготовлении.

2.3.4. Анализ методов автоматизированного прерывного контроля реологических свойств формовочных смесей

Прибор для автоматизированного прерывного контроля реологических свойств формовочных смесей разработан на кафедре «Литейное производство» Московского автомобилестроительного института (ВТУЗ–ЗИЛ) под руководством проф. И. В. Матвеевко. Последняя модификация прибора (авторы: д-р техн. наук, проф. И. В. Матвеевко, канд. техн. наук В. С. Бельчук, канд. техн. наук Н. С. Шеклеин) включает в себя три главные составляющие системы – пневматическую, электронную и, что можно отнести к основной системе, собственно реологический прибор.

Конструкция реологического прибора включает гильзу, в которую помещается формовочная смесь, выполненную в виде легко деформируемого в продольном направлении сиффона, по образующей выступающих гофр которого нанесена перфорация, т. е. отверстия для выхода воздуха. Нажимная и опорные площадки дополнительно со-

держат коаксиально расположенные охватывающие кольца, которые могут скрепляться с площадками. Такое устройство площадок, в сочетании с сальфоном, позволяет производить дополнительно испытание на сдвиг уплотненной пробы смеси.

Устройство прибора схематически показано на чертеже (рис. 38). Прибор состоит из корпуса 1, размещенных на нем опорной 2 и нажимной площадок 3, силового пневмоцилиндра 4, поршень которого соединен с нажимной площадкой; сальфона 5, с выполненными по образующей выступающих гофр вентиляционными отверстиями 8; коаксиальных, охватывающих площадки 2 и 3, колец 9, опирающихся на торцы сальфона имеющих винты для жесткого скрепления их с соответствующими площадками; датчика усилия 6 и датчика деформаций 7, соединенных с соответствующими цифровыми измерительными каналами электронной схемой 11 для измерения усилий и деформаций, вентиля 12, пневматической системы для подачи и выпуска сжатого воздуха.

Прибор работает следующим образом. С помощью вентиля 12 в поршневую полость пневмоцилиндра 4 от источника давления (на чертеже не показан) подается сжатый воздух. Проба смеси, помещенная в сальфоне 5, получает обжатие типа $\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma_3$. По окончании обжатия давление воздуха снимают, нажимную и опорную площадки, вывернув винты 10, разъединяют с кольцами 9; опорную площадку 2 удаляют и вновь подают сжатый воздух в поршневую полость. Благодаря тому, что уплотненный материал удерживается в гофрах сальфона, на него действуют сдвигающие напряжения. Сигналы датчиков 6 и 7, пропорциональные прикладываемым напряжениям и возникающим деформациям в пробе смеси, поступают в электронную систему прибора 11.

По характеру изменения деформаций, под действием прикладываемых напряжений, электронная система выдает информацию о реологических свойствах исследуемой формовочной смеси.

Описываемый прибор позволяет повысить точность определения реологических свойств за счет отсутствия трения частиц формовочной смеси о стенки при обжатии и совмещения на одной пробе смеси двух видов испытаний. Благодаря более рациональной конструкции прибора существенно уменьшается время одного анализа, повышается информативность и появляется возможность автоматизации всего процесса измерений и испытаний.

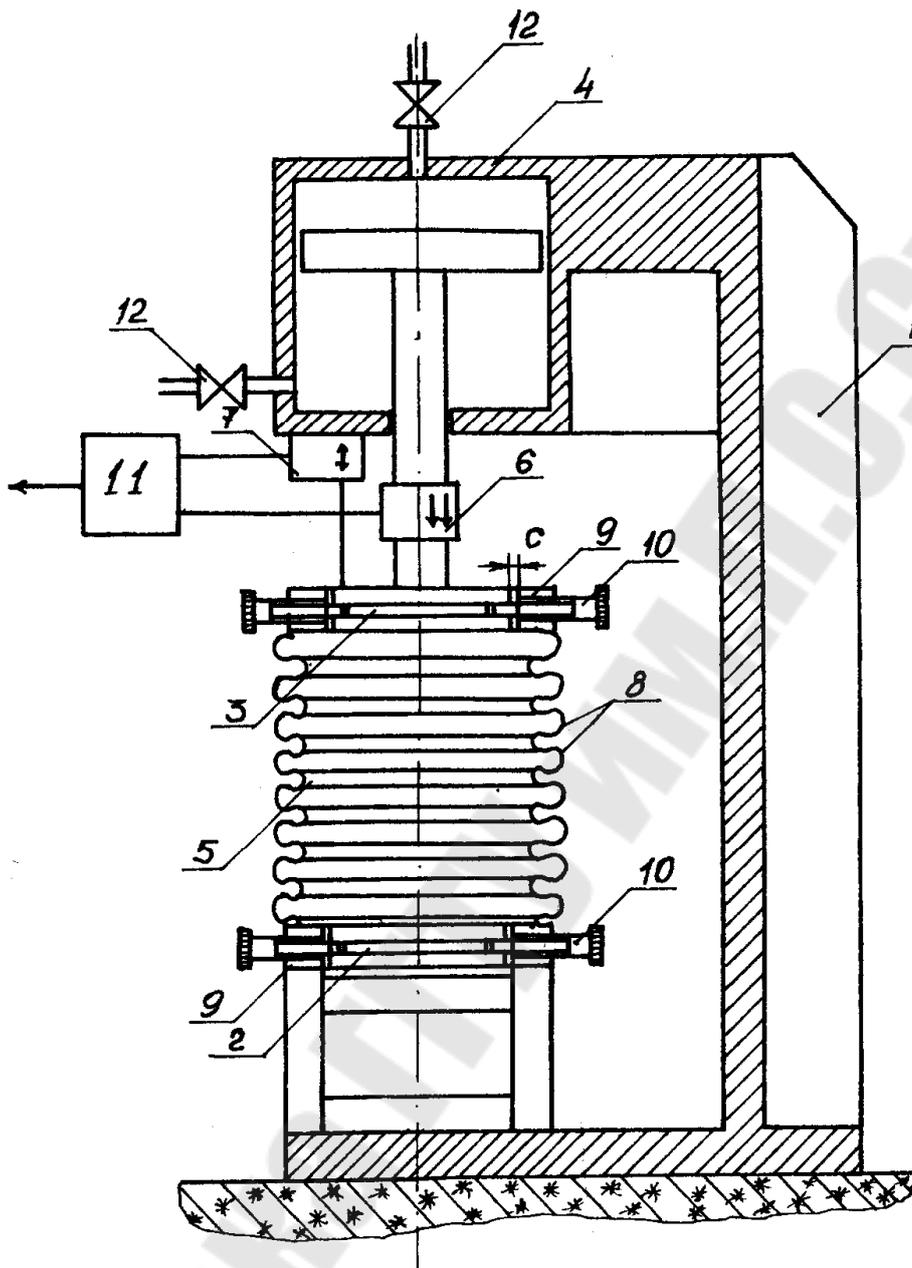


Рис. 38. Прибор для исследования реологических свойств формовочных смесей:

- 1 – корпус; 2 – опорная площадка; 3 – нажимная площадка;
 4 – пневмоцилиндр; 5 – сильфон; 6 – датчик усилия; 7 – датчик деформаций; 8 – вентиляционные отверстия; 9 – коаксиальные кольца;
 10 – винт; 11 – электронная схема; 12 – вентиль

Пневматическая система прибора предназначена для задания и стабилизации на заданном уровне давления сжатого воздуха, необходимого для создания механического напряжения в пробе смеси. Поскольку нагружение задается изменением напряжения и производится ступенями, давление в ступени должно нарастать достаточно быстро,

со скоростью не менее 5 МПа/с, а затем поддерживаться постоянным. По этой причине трудно подобрать регулятор давления, который обладает таким быстродействием и необходимой точностью регулирования. Поэтому в пневматической схеме работают два регулятора давления на отдельные ресиверы, которые по очереди подключаются к рабочему пневмоцилиндру прибора.

Малое время переходного процесса установления рабочего давления обеспечивается достаточно большим объемом ресиверов, малым временем срабатывания переключающих электроклапанов и большим проходным сечением подводящих трубопроводов, а также их малой длиной.

Электронная схема прибора предназначена для измерения задаваемых напряжений и возникающих деформаций в испытываемой формовочной смеси, усиления, переработки получаемой информации в цифровую форму и расчетов по ней реологических свойств смеси с последующим запоминанием и выдачей результатов.

Выполнена такая система по типу двухцифровых измерительных каналов для измерения механического напряжения и деформаций работающих на одну ПЭВМ, которая рассчитывает реологические свойства смеси, статистически обрабатывает полученные данные в соответствии с заложенной программой и хранит всю необходимую информацию в машинной памяти. Печатающее устройство ЭВМ выдает затребованные данные. Информация может отображаться также и на экране дисплея ЭВМ в виде графиков и диаграмм.

2.4. Автоматизация распределения формовочной смеси

Бесперебойная и правильно организованная смесераздача в расходные бункера повышает производительность формовочного оборудования в 1,5–2 раза и снижает расход смесей, при этом частично или полностью отпадает необходимость в обслуживающем персонале. Для распределения смеси по бункерам служат ленточные конвейеры. Включение сбрасывающих плужков над лентой конвейера осуществляется электромагнитом или пневмоцилиндром при опорожнении бункеров.

Основные элементы системы смесераздачи – сигнализаторы уровня формовочных материалов в бункерах. Чаще всего в каждом раздаточном бункере устанавливают два сигнализатора уровня, которые контролируют нижний и верхний уровни смеси и подают сигнал

на включение исполнительного механизма плужкового сбрасывателя. На рис. 39 изображена схема наиболее простого флажкового сигнализатора. При достижении некоторого уровня смеси в бункере флажок 1 отклоняется вправо и перемещает золотник пневмоклапана 2. В результате этого сжатый воздух из сети поступает в пневмоцилиндр 3, который поднимает плужок 4, при этом прекращается поступление смеси с ленточного конвейера 5 в бункер. При падении уровня флажок возвращается в исходное положение, и пневмоклапан 2 выпускает сжатый воздух из силового цилиндра в атмосферу. Плужок опускается на ленту, и смесь снова заполняет бункер. Этот сигнализатор имеет ряд недостатков: заклинивание и повышенное изнашивание шарнирного соединения вследствие попадания пыли, невысокая точность регулирования уровня смеси и др.

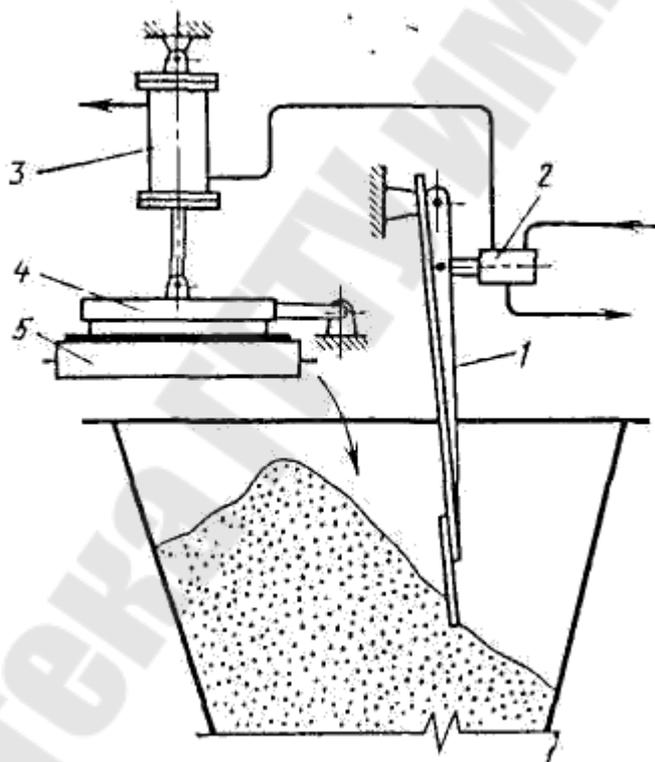


Рис. 39. Схема флажкового сигнализатора

На практике применяют и более совершенные сигнализаторы: электронные, фотоэлектронные и др. Исполнительным механизмом плужкового сбрасывателя обычно служит пневмопривод (поршневой или мембранный).

В зависимости от последовательности включения плужковых сбрасывателей существует несколько систем смесераздачи.

При независимой системе смесераздачи плужковый сбрасыватель, находящийся над расходным бункером формовочной машины, включается на сброс смеси с ленточного конвейера, как только ее уровень в бункере опустится ниже чувствительного элемента, независимо от наличия смеси в других бункерах. Бункер наполняется. Когда смесь в бункере достигнет верхнего уровня, преобразователь верхнего уровня включает плужок, который приподнимается, и наполнение бункера прекращается.

Недостаток этой системы в том, что бункера заполняются неравномерно, первые по ходу ленточного конвейера «перехватывают» смесь с ленты.

Система поочередного или последовательно-принудительного снабжения бункеров смесью заключается в том, что расходные бункера включаются на заполнение смесью поочередно. Пока наполняются последующие бункера, данный бункер может опорожняться. Вместимость бункера должна быть рассчитана так, чтобы смеси хватило на цикл загрузки бункеров всей линии. Если в очередном бункере уровень смеси выше нижнего чувствительного элемента, то автоматическое устройство срабатывает на проверку последующего бункера. Если и в этом бункере смесь ниже чувствительного элемента, то он будет пополняться смесью. Если окажется, что в каком-то n -м предыдущем бункере уровень смеси ниже преобразователя уровня, то сбрасывающий плужок этого бункера не опустится до тех пор, пока автоматическое устройство последовательно не проверит все бункера, расположенные до бункера $n + 1$, т. е. до тех пор, пока не подойдет его очередь на заполнение.

Таким образом, по этой системе в любой момент может быть опущен только один плужок, что относится к преимуществу данной системы по сравнению с независимой. Недостаток принудительно-последовательной системы — значительный простой бункеров в начале смены при большом их числе.

При принудительно-последовательно-временной системе бункера заполняются принудительно-последовательно, но количество подаваемой смеси в каждый бункер определяется временем, которое тем меньше, чем больше бункер стоит на очереди для заполнения.

Если число «пустых» бункеров мало, то выдержка может оказаться больше, чем длительность фактического заполнения бункера до верхнего уровня, и тогда заполнение будет определяться временем от начала заполнения до момента срабатывания верхнего уровнемера.

Эта система более совершенна, но менее надежна, чем две предыдущие системы, так как она выполнена на обычных телефонных реле, контакты которых в условиях литейного цеха быстро выходят из строя. В настоящее время для схем автоматической смесераздачи используют бесконтактные логические элементы, что упрощает схему и повышает надежность автоматических систем смесераздачи.

3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При конструировании и эксплуатации машин для подготовки формовочных материалов и приготовления смесей необходимо соблюдать нормы предельно допустимых концентраций пыли, вредных газов и паров, а также нормы освещения, шума, вибрации и др.

В установках для сушки песка и глины следует предусматривать устройства, ограничивающие тепловыделение в рабочее помещение. Температура нагретых поверхностей оборудования должна быть не более 45 °С.

Установки для сушки песка и глины, а также дробильно-размольное оборудование, при работе которых могут выделяться пары, газы и пыль сверх допустимых санитарных норм, следует оборудовать вентилируемыми укрытиями. Необходимо обеспечивать работу технологического оборудования с одновременной работой местных вытяжных вентиляционных установок. Должна быть предусмотрена подача соответствующего сигнала в случае аварийной остановки вентилятора.

Для управления установками нужно использовать кнопочные станции выносного типа или установленные непосредственно на машинах, причем необходимо обеспечить хороший обзор рабочей зоны. Конструкция кнопочной станции должна исключать возможность случайного пуска установки. Аварийные и рабочие кнопки «Стоп» следует дублировать в местах частого нахождения обслуживающего персонала и в наиболее опасных местах.

Установки для сушки песка и глины, а также дробильно-размольное и смесеприготовительное оборудование должны иметь предохранительные устройства, предупреждающие перегрузки и несовместимые одновременные движения механизмов.

В конструкциях установок для приготовления материалов и смесей должны быть предусмотрены предохранительные устройства, фиксирующие узлы и механизмы неработающей машины от самопро-

извольного перемещения, а также от перемещения в результате случайного внешнего воздействия.

Вес вращающиеся части механизмов (цепные, клиноремные и др.), доступные для случайного прикосновения, следует ограждать сплошными или сетчатыми кожухами.

Детали или узлы установок, совершающие возвратно-поступательные или вращательные движения и представляющие опасность для обслуживающего персонала, следует ограждать перилами или кожухами. Защитные кожухи должны обеспечивать полную безопасность обслуживающего персонала.

В конструкции бункеров нужно предусматривать средства, предотвращающие зависание в них формовочных материалов. Для обслуживания элементов машин, располагаемых на высоте 2 м, необходимы рабочие площадки с перилами высотой не менее 1 м, имеющими дверь, открывающуюся внутрь площадки; настил площадок должен быть сплошной, из стальных рифленых листов.

Магнитные железоотделители должны иметь кожухи с проемами (для пропуска ленты), уплотненными фартуками и отсосами в верхней части. Объем отсасываемого воздуха выбирают в зависимости от скорости воздуха в открытых проемах, равной полуторной скорости движения ленты конвейера. Во избежание подсоса воздуха соединение кожуха в нижней части с опорными конструкциями должно быть герметичным.

В электронных сепараторах электроаппаратуру высокого и низкого напряжения внутри кабины необходимо размещать в отдельных отсеках. Открывание дверей высоковольтной кабины и дверей лазов камеры электронных сепараторов должно быть заблокировано с рубильником, выключающим высокое напряжение. Двери высоковольтной кабины, лазов камеры, панели управления и аппаратуры должны иметь запорные замки.

Барабанные цилиндрические и полигональные сита следует закрывать сплошными защитными кожухами с отверстием (проемом) только для загрузочного желоба. К верхней части кожуха, близ загрузочных отверстий, необходимо присоединять отсасывающий патрубок. В барабанных ситах должна быть предусмотрена блокировка, исключающая их работу при открытом люке в защитном кожухе.

Плоские вибрационные сита должны иметь сплошные кожухи с боковыми люками и отверстиями. В верхней части кожуха необходим патрубок для присоединения к вытяжной вентиляционной сети. Объ-

ем отсасываемого воздуха должен быть $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 поверхности сита. В конструкции смешивающих бегунов следует предусматривать блокировку закрывания чаши, пылезащитные колпаки с патрубками для присоединения к цеховой системе вытяжной вентиляции. В защитном кожухе бегунов необходимо иметь смотровой люк с блокировкой, не допускающей включения привода бегунов при открытом люке. Смешивающие бегуны должны быть оборудованы системой безопасного отбора проб. В бегунах периодического действия необходимы механизмы для безопасного открывания и закрывания люков при выгрузке готовой смеси.

Аэраторы и дезинтеграторы должны иметь защитные кожухи, плотно прилегающие к корпусу машины, с патрубками для присоединения к вытяжной вентиляционной системе.

Объем отсасываемого воздуха следует принимать, исходя из скорости в открытых проемах не менее $0,7 \text{ м/с}$.

В защитных кожухах аэраторов и дезинтеграторов необходима блокировка, исключающая их работу при открытом люке.

Литература

1. Аксенов, П. Н. Оборудование литейных цехов : учеб. для вузов / П. Н. Аксенов. – Москва : Машиностроение, 1968. – 458 с.
2. Зайгеров, И. Б. Оборудование литейных цехов : учеб. пособие для вузов / И. Б. Зайгеров. – Минск : Выш. шк., 1980. – 368 с.
3. Матвееenko, И. В. Оборудование литейных цехов : учеб. для машиностр. техникумов / И. В. Матвееenko, В. Л. Тарский. – Москва : Машиностроение, 1976. – 440 с.
4. Матвееenko, И. В. Оборудование литейных цехов : в 2 ч. Ч. 2 / И. В. Матвееenko. – Москва : МГИУ, 2009. – 308 с.
5. Сафронов, В. Я. Справочник по литейному оборудованию / В. Я. Сафронов. – Москва : Машиностроение, 1985. – 320 с.
6. Зайгеров, И. Б. Машины и автоматизация литейного производства : учеб. пособие для специальности «Машины и технологии литейного производства» / И. Б. Зайгеров. – Минск : Выш. шк., 1969. – 496 с.
7. Кукуй, Д. М. Автоматизация литейного производства : учеб. пособие для вузов / Д. М. Кукуй, В. Ф. Одиночко. – Минск : Новое знание, 2008. – 240 с. : ил.
8. Новиков, В. П. Автоматизация литейного производства : учеб. пособие / В. П. Новиков. – Москва : МГИУ, 2006. – 291 с.
9. Лазаренков, А. М. Охрана труда на предприятиях металлургического производства / А. М. Лазаренков. – Минск : УП «Техно-принт», 2002. – 264 с.

Содержание

1. Классификация смешивающих устройств	3
1.1. Катковые смесители	5
1.2. Центробежные (маятниковые) смесители	12
1.3. Лопастные (шнековые) смесители	17
1.4. Роторные смесители	20
1.5. Разрыхлители	33
2. Механизация и автоматизация смесеприготовления и смесераздачи	36
2.1. Смесеприготовительные системы	36
2.2. Схема смесеприготовительной установки и автоматизация управления смесителями	39
2.3. Автоматизация контроля физико-механических свойств формовочных смесей	41
2.3.1. Анализ методов автоматизированного контроля при управлении смесеприготовлением по входным параметрам	42
2.3.2. Анализ методов автоматизированного прерывного контроля механико-технологических свойств формовочных смесей	52
2.3.3. Анализ методов непрерывного автоматизированного контроля механико-технологических свойств формовочных смесей	59
2.3.4. Анализ методов автоматизированного прерывного контроля реологических свойств формовочных смесей	62
2.4. Автоматизация распределения формовочной смеси	65
3. Техника безопасности при эксплуатации смесеприготовительного оборудования	68
Литература	71

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Карпенко Валерий Михайлович
Филипенко Евгения Владимировна

**ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ
(СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ)**

**Курс лекций
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 02 01
«Машины и технология литейного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. В. Гладкова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 09.03.11.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 4,42. Уч.-изд. л. 4,38.

Изд. № 72.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.