

Российская академия наук. Сибирское отделение.  
Государственная публичная научно-техническая библиотека.  
ЦНИИТЭИ по автомобильному и сельскохозяйственному  
машиностроению. Рубцовское отделение

**Р.Г. Гайдамака**

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛИТЕЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА  
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И СПОСОБЫ  
СНИЖЕНИЯ НАНОСИМОГО УЩЕРБА**

**Аналитический обзор**

**Новосибирск, 1992**

Гайдамака Р.Г. Воздействие литейных производств машиностроительных предприятий на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба: Аналит. обзор / ЦНИИИ и ТЭИ по автомоб. и сельскохоз. машиностроению (Рубцовск. отд-ние); ГПНТБ СО РАН. - Новосибирск: Изд. ГПНТБ СО РАН, 1992. - 165 с.

В обзоре представлены характеристики основных источников загрязнения в технологиях литейного производства (газовых и пылевых выбросов, промывных и сточных вод, твердых отходов), применяемых в отечественной практике и за рубежом. Показана важность работ по модернизации литейных машин, вспомогательной техники, автоматизации технологических процессов с целью снижения степени опасного воздействия вышеперечисленных загрязнений на здоровье человека и окружающую среду. Рассмотрены примеры альтернативных технологий, усовершенствованного оборудования и экономической заинтересованности предприятий, позволяющих обеспечить эффективное обезвреживание промышленных выбросов и отходов.

В обзоре использована литература советских и зарубежных авторов в основном за 1984-1989 гг. Текст содержит 36 таблиц, 34 рисунка, 69 библиографических ссылок.

Обзор подготовлен к печати:

к.п.н. А.Н. Лебедевой,

к.п.н. О.Л. Лаврик,

к.х.н. Н.М. Поповой

© Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук (ГПНТБ СО РАН), 1992

## ВВЕДЕНИЕ

Вредные выбросы литейных производств машиностроительных предприятий, попадая в окружающую среду через вентиляцию, сточные воды, а также в виде твердых отходов, создают серьезную экологическую проблему. Отрицательное воздействие вредных выбросов усугубляется еще и тем, что машиностроительные заводы расположены, как правило, в густонаселенных районах городов.

Основное направление деятельности по охране окружающей среды — это внедрение малоотходных и безотходных технологий, регенерационных систем, подавление вредных выбросов у источников их образования, утилизация выбросов и др. Проблемы утилизации литейных отходов приобретают все возрастающее значение в связи с повышением цен на материалы и ужесточением законов об охране окружающей среды.

В обзоре изложены сведения о традиционной технологии и оборудовании литейных производств машиностроительных предприятий, о токсических, физико-химических и санитарно-гигиенических характеристиках газообразных, жидких и твердых отходов и их воздействии на человека, животных и растительность, даны количественные характеристики отходов и места их образования при различных технологических переделах. Представлены способы обезвреживания, улавливания и утилизации отходов, раскрыт опыт некоторых предприятий Советского Союза и зарубежных фирм по внедрению малоотходных и безотходных технологий, прогрессивного оборудования, обеспечивающего снижение или полную ликвидацию выбросов.

**Материал предназначен для специалистов машиностроительных предприятий, санитарно-эпидемиологических станций и других организаций, занимающихся улучшением и безопасностью условий труда, а также защитой окружающей среды от промышленных выбросов.**

## Глава 1. ТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Литейные цеха — один из главных поставщиков отливок (до 50%) для машиностроения. Основными технологическими процессами литейного производства являются плавка металла, изготовление форм, заливка металла и охлаждение, выбивка, обрубка отливок, термическая обработка. Для литейного производства характерны сложность и многообразие способов литья, технологических процессов, применяемых материалов.

Нет сомнений, что роль и масштабы литейного производства как заготовительной базы будут и в перспективе сохраняться, но при этом изменятся качественные показатели и улучшатся условия труда и охраны окружающей среды.

### 1.1. Стальное и чугунное литье в песчаные формы

#### 1.1.1. Смесеприготовительное отделение

Основным способом изготовления отливок остается литье в песчаные формы, в которых получают 2/3 общего количества отливок. Формы выполняются из смеси кварцевого песка, огнеупорной глины, специальных добавок, горелой земли.

Технологический процесс построен следующим образом.

На землеприготовительной линии производят сушку свежего песка, глины и просеивание. Отработанную смесь перед повторным использованием подают системой ленточ-

рых транспортеров в смесеприготовительное отделение, где из нее извлекают металл, затем рыхлят, просеивают и направляют к месту смесеприготовления. Все технологические операции сопровождаются значительными выделениями пыли, а сушка — продуктов неполного сгорания, содержащих оксид углерода и другие газообразные компоненты. При движении исходных сыпучих материалов по цепочке вагон—склад—землеприготовительное отделение также выделяется пыль. Данные о выделении пыли при складировании и транспортировке сыпучих материалов, по данным НИООГАЗ /1, 2/, приведены в табл. 1.

Сушка свежего песка и глины в литейных цехах производится в горизонтальных барабанных сушилках с последующим просеиванием на механических или вибрационных ситах. Наиболее пылящее оборудование: плоские сита до 320 кг/ч; смесители (бегуны) до 40 кг/ч; пересыпка 1,5 кг/ч; транспортеры до 8 кг/ч /3/.

При подаче смесей пневмотранспортером, работающим как воасывающая система, может выделяться в неплотности 0,62 — 0,65 кг пыли на 1 т переработанного формовочного песка /4/.

Особенно много пыли в процессе подготовки переработанной горелой земли для повторного использования. Переработка горелой земли при отливке в сырые формы сопровождается меньшим пылеобразованием, но при этом выделяется примерно 2—2,5% паров воды от массы формовочной смеси /5/. Усредненные значения валовых и удельных выделений пыли в процессе подготовки формовочных материалов приведены, по данным НИООГАЗ /1, 2/, в табл. 2.

В качестве смесеприготовительных агрегатов применяют бегуны (модели 114, 116М, 1А12, АМК и др.) с выделением пыли на тонну перерабатываемой смеси от 10 до 100 кг /6/. Данные СПКИ (г. Одесса) о выделении пыли от некоторых конструкций смесеприготовительных бегунов приведены в табл. 3.

Выделение пыли при складировании и транспортировке сыпучих  
материалов /1,2/

| Операция  | Перерабатываемый материал                        | Количество пыли           |                              |
|---|--|---------------------------|------------------------------|
|   |  | г/с на 1 ед. оборудования | г/кг перемещаемого материала |
| 1   | 2  | 3                         | 4                            |
| Выгрузка<br>грейферными<br>механизмами  | Песок  | 0,19 - 0,22               | 0,08 - 0,1                   |
|   | Бентонит   | 0,50 - 0,58               | 0,21 - 0,25                  |
|   | Известняк  | 0,47 - 0,57               | 0,20 - 0,23                  |
|   | Кокс литейный                                    | 0,56 - 0,67               | 0,23 - 0,28                  |
|   | Глина формовочная                                | 0,14 - 0,19               | 0,06 - 0,08                  |
| Загрузка материа-<br>лов в желоба при<br>перегрузках и транс-<br>портировании | Кусковой материал<br>$\varnothing > 8$ мм        | 0,89 - 1,19               | 1,07 - 1,41                  |
|   | Порошкообразный<br>материал $\varnothing > 8$ мм | 2,58 - 3,50               | 3,10 - 4,20                  |
| Пересыпка на<br>транспортеры  | Кусковой материал                                | 0,50 - 0,58               | 0,60 - 0,70                  |

Окончание табл. 1

| 1  | 2                        | 3           | 4           |
|--|--------------------------|-------------|-------------|
|  | Порошкообразный материал | 1,11 - 1,28 | 1,33 - 1,53 |
|  | Горелая земля            | 0,33 - 0,42 | 0,40 - 0,5  |
| Укрытие конвейеров транспортеров, элеваторов | Кусковой материал        | 0,28 - 0,33 | 0,30 - 0,40 |
|  | Порошкообразный материал | 0,72 - 0,86 | 0,87 - 1,03 |
|  | Горелая земля            | 0,19 - 0,25 | 0,23 - 0,30 |
| Местные отсосы пылеуловителей и дозаторов    | Кусковой материал        | 0,28 - 0,42 | 0,33 - 0,50 |
|  | Порошкообразный материал | 0,78 - 0,89 | 0,33 - 1,06 |
|  | Горелая земля            | 0,22 - 0,25 | 0,27 - 0,30 |



Таблица 2

Выделение пыли при подготовке формовочных материалов /1,2/

| Процесс   | Оборудование                           | Производи-<br>тельность,<br>т/ч | Перерабаты-<br>ваемый ма-<br>териал | Количество пыли                       |   |
|---|--|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---|
|   |  |                                 |                                     | г/с на еди-<br>ницу обору-<br>дования | г/кг пере-<br>рабатывае-<br>мого ма-<br>териала |
| 1   | 2                                      | 3                               | 4                                   | 5                                     | 6   |
| Сушка ших-<br>товых ма-<br>териалов:                  | Барабанное<br>горизонтальное<br>сушило | 5 - 10                          | Песок                               | 8 - 11,9                              | 3 - 8,6   |
|   |  |                                 | Глина                               | 6 - 9,7                               | 3 - 4,5   |
|   |  |                                 | Бентонит                            | 44,6 - 69                             | 23 - 32   |
| в потоке го-<br>рячего воздуха                        |  | 3 - 5                           | Песок                               | 3,5 - 7,9                             | 4,2 - 5,7                                       |
| в кипящем слое  |  | 10 - 15                         | Песок                               | 19 - 30                               | 6,8 - 9   |
| Дробление и<br>помол формо-<br>вочных мате-<br>риалов | Щаковая<br>дробилка                    | 5                               | Песок,                              | 2 - 4                                 | 1,5 - 27  |
|   |  |                                 | Глина                               |                                       |   |
|   | Дробилка<br>молотковая                 | До 5                            | Бентонит                            | 3,9 - 6,8                             | 2,8 - 4,9                                       |

Продолжение табл. 2.

|   | 2                             | 3     | 4                            | 5         | 6         |
|---|-------------------------------|-------|------------------------------|-----------|-----------|
| Дробилка  |                               |       |                              |           |           |
| валковая  |                               | 3,5   |                              | 2,4 - 3,9 | 2,5 - 4,0 |
| Бегуны  |                               | 3 - 5 |                              | 0,5 - 0,7 | 0,3 - 0,8 |
| Шаровая   |                               |       |                              |           |           |
| мельница  | До 1                          |       |                              | 1 - 3     | 4 - 10    |
| Молотковая  |                               |       |                              |           |           |
| мельница  | До 2                          |       |                              | 3 - 4     | 6 - 8     |
| Сепарация,<br>смешивание<br>и дозирование<br>формовочных<br>материалов, м <sup>3</sup> /ч | Грохоты<br>пл. м <sup>2</sup> |       | Песок,<br>Глина,<br>Бентонит |           |           |
|   | 1                             |       |                              | 2 - 8     | -         |
|   | 2                             |       |                              | 4 - 13    | -         |
|   | 3                             |       |                              | 6 - 17    | -         |
| Вибросито   |                               | 160   |                              | 53 - 84   | 3 - 5     |
|   |                               | 250   |                              | 83 - 140  | 3 - 5     |
| Сито меха-<br>ническое  |                               | 3 - 4 |                              | 5,8 - 6,7 | 6 - 7     |
| Сито поли-<br>гональное   |                               | 4 - 6 |                              | 3,6 - 4,7 | 2,0 - 4,0 |

Окончание табл. 2

| 1 | 2   | 3     | 4 | 5         | 6         |
|---|---|-------|---|-----------|-----------|
|   | Смеситель<br>периодическо-<br>го действия | До 50 |   | 5,6 - 6,9 | 0,4 - 1   |
|   | Смеситель<br>тарельчатый                  | До 20 |   | 1,1 - 2   | 0,2 - 0,6 |
|   | Пидатель<br>тарельчатый                   |       |   | 0,5 - 0,7 | 0,6 - 0,8 |

Таблица 3

## Выделение пыли от смесеприготовительных бегунов / 6 /

| Модель бегуна | Производительность, т/ч | Компоненты формовочной смеси                         | Количество пыли         |                             |
|---------------|-------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|
|               |                         |  | г/с на ед. обораживания | г/кг перерабатываемой смеси |
| 114           | 20,0                    | Песок, глина сухая, глиняная эмульсия, мазут         | 1,00                    | 0,02                        |
| 1A12          | 30,0                    | То же  | 0,68                    | 0,09                        |
| 116M          | 15,0                    | Бентонит, песок, глина, гранулированный уголь, мазут | 0,26                    | 0,06                        |
| 116M          | 15,0                    | Песок, глина, сольвент-нафтабентонит                 | 0,04                    | 0,01                        |

### 1.1.2. Изготовление форм и стержней

Тщательное перемешивание смесей, необходимое для равномерного распределения ее составляющих, позволяет глине и связующим обволакивать зерна песка, комьям отдельных составляющих разрушаться, влаги равномерно распределяться по всей смеси. При транспортировке готовой смеси ленточными транспортерами и в процессе формовки пыль почти не выделяется. Однако обдувка сжатым воздухом сопровождается значительной запыленностью

В стержневых отделениях больше всего пыли и газа выделяется при сушке стержней, зачистке, размоле бражка и обдувке высушенных стержней.

В литейном производстве в качестве связующих применяются сульфитно-спиртовая барда, сульфитно-дрожжевая бражка, лигносульфонаты, крепители марок СКТ-10, УСК, КО, КО-1 и др. Добавка органических крепителей улучшает физико-механические свойства формовочных смесей, но увеличивает их газотворность. При сушке стержней и форм, а также при заливке форм металлом выделяются оксид углерода (СО), предельные и непредельные (акролеин) углеводороды, альдегиды. Выделения вредных веществ при сушке форм и стержней, по данным НИИОГАЗ /1/, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Количество вредных веществ,  $10^3$  г/с /1/

| Сушила          | СО    | NO <sub>2</sub> | SO <sub>2</sub> | HF  | Акролеин |
|-----------------|-------|-----------------|-----------------|-----|----------|
| Горизонтальные  | 104,8 | 65,8            | 40,9            | -   | 24,2     |
| Конвейерные ЗИЛ | 84    | 3,1             | -               | 2,7 | -        |
| Вертикальные    | 33    | 8,7             | 18,9            | 4,4 | -        |

В последнее время в отдельных производствах взамен органических добавок применяют смеси жидконаливные самотвердеющие и "холодного твердения", что упрощает и облегчает технологический процесс. Однако под влиянием высоких температур при заливке жидким металлом из этих смол выделяются высокотоксичные компоненты (бензол, фенол, метанол, метан, аммиак, цианиды).

Производство жидкостекольных смесей для изготовления стержней и форм по сравнению с песчано-глинистыми позволяет уменьшить запыленность на рабочих местах до норм ПДК /7/, но повышается загазованность на участках приготовления стержней и заливки форм. В качестве примера в табл. 5 приведены данные ВНИИОТ (г. Свердловск) по содержанию токсичных газов в воздухе рабочей зоны /7/, в табл. 6 — состояние воздушной среды в стержневом отделении "Ростсельмаш", по данным ВНИИОТ (г. Свердловск), при изготовлении стержней из смеси на основе фенолоспирта с мочевиной по стадиям техпроцесса /7/.

Количество и состав газовыделений литейных связующих, используемых в процессе теплового отверждения, зависит от состава смеси и температуры отверждения /8/. Например, при отверждении смесей, содержащих 2% крепителя УСК-1 или КО, выделяется интенсивно акролеин (1,2 мг/мин · кг), менее интенсивно — фурфурол, значительно — формальдегид и метиловый спирт. При тепловом отверждении смесей, содержащих 2% крепителя СКТ-П или 2% СКТ-П и 3% ЛСТ, кроме акролеина, формальдегида и фурфуrolа происходит выделение и фурфурилового спирта. С повышением температуры смесей с 180° до 240 °С общее количество вредных выделений увеличивается до 10 раз.

Широкое распространение получили новые методы изготовления в горячей оснастке оболочковых форм и стержней с помощью синтетических смол.

Качественный состав газовыделений и их количественные характеристики зависят от типа связующего. Наиболее часто в качестве связующего применяются смолы

ОФ-015, ОФ-260, ПК-104, КФ-40, ФФ-1СМ и др./9/. В работах ВНИИОТ ВЦСПС (табл. 7) приведены сведения по удельным выделениям вредных веществ в процессе термодеструкции смесей на основе различных связующих /10/ в материалах СПКИ — удельные выделения вредных веществ в процессе отверждения стержневых смесей (табл. 8) /11/.

Обобщенные данные по удельным выделениям вредных веществ при изготовлении стержней из песчано-смоляных смесей в нагреваемой оснастке, полученные

СПКИ (г. Одесса) в производственных условиях, приведены в табл. 9 /12/.

### 1.1.3. Выбивка опок и стержней

После отверждения и частичного охлаждения металлические отливки освобождают из формы путем выбивки земли из опок на выбивных решетках. Земля проваливается через решетку в направляющий бункер и транспортируется в землеприготовительное отделение, горячие металлические отливки — в очистное и обрубное отделение.

При выбивке отливок особо интенсивно выделяются вредные вещества: пыль, содержащая до 60%  $\text{SiO}_2$ , продукты возгонки связующих. В табл. 10 приведены данные НИИОГАЗ о величине вредных примесей при работе выбивных решеток наиболее часто встречающихся типов /2/.

При температуре выбиваемых отливок выше 200°C количество выделяемых веществ увеличивается на 10-15%.

### 1.1.4. Очистка, обрубка и зачистка отливок

Очистка поверхности отливок от приставшей и пригорелой формовочной и стержневой смеси производится в очистных и галтовочных барабанах, дробеструйных и дробеметных установках и сопровождается пылевыведением и шумом.

После удаления литников с помощью пил, автогена или отбивания пневмомолотком литье, в зависимости от

Содержание токсичных газов в воздухе ра-  
ных смесей для изготовления стерж-

| Вещество            | ПДК  | Стержневой             |       |                          |       |
|---------------------|------|------------------------|-------|--------------------------|-------|
|                     |      | Место стерженщи-<br>ка |       | У поворот-<br>ного круга |       |
|                     |      | средн.                 | макс. | средн.                   | макс. |
| Фенол               | 0,3  | 0,95                   | 1,61  | 0,72                     | 1,07  |
| Формальдегид        | 0,5  | 0,31                   | 0,89  | 0,06                     | 0,11  |
| Метанол             | 5,0  | 1,19                   | 1,97  | 0,76                     | 0,92  |
| Фурфурол            | 10,0 | 0,12                   | 0,40  | 0,02                     | 0,04  |
| Уксусная<br>кислота | 5,0  | 0,02                   | 0,03  | 0,01                     | 0,02  |



Таблица 5

бочей зоны при производстве жидкостеколь-  
ней и форм, мг/м<sup>3</sup> / 7 /

| участок      | Заливочный участок         |              |                    |              |                              |
|--------------|----------------------------|--------------|--------------------|--------------|------------------------------|
|              | У стеллажа со<br>стержнями |              | У залитой<br>формы |              | Раскрытие и<br>выбивка формы |
| средн. макс. | средн. макс.               | средн. макс. | средн. макс.       | средн. макс. | средн. макс.                 |
| 0,38         | 0,71                       | 2,54         | 9,78               | 5,78         | 10,7                         |
| 0,19         | 0,29                       | 0,06         | 0,09               | 0,08         | 0,10                         |
| 0,92         | 0,92                       | 0,38         | 1,38               | 0,82         | 1,20                         |
| 0,03         | 0,06                       | 0,05         | 0,16               | 0,01         | 0,03                         |
| 0,03         | 0,03                       | 0,004        |                    | 0,07         | 0,10                         |

Таблица 6

Содержание вредных веществ в стержневом отделении "Ростсельмаш", мг/м<sup>3</sup> /7/

| Определяемое вещество | Приготовление раствора мочевины в фенолоспирте |                   | Приготовление стержневой смеси |                   | Изготовление стержней |                   |
|-----------------------|--|-------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
|                       | средн.   | пределы колебаний | средн.                         | пределы колебаний | средн.                | пределы колебаний |
| Формальдегид          | 0,83   | 0,3-1,3           | 0,96                           | 0,17-3,25         | 0,14                  | 0,03-0,5          |
| Метиловый спирт       | 10,58  | 9-20              | 62,95                          | 13,3-97,2         | 5,11                  | 0,4-26            |
| Фенол                 | 1,5  | 0,7-2,5           | 1,62                           | 0,9-2,2           | 2,00                  | 0,4-11,8          |
| Аммиак                | -  | -                 | 2,49                           | 1,67-3,3          | 4,7                   | 1,1-15,6          |
| Оксид углерода        | 37,5   | 12,5-62,5         | 37,5                           | 25-62             | 43,1                  | 12,5-125          |

Таблица 7

Удельные выделения вредных веществ в процессе термодеструкции смесей  
на основе различных связующих, кг/кг смеси

| Время от начала<br>отверждения, мин | Смесь 2 и 3 |                   | Смесь 1 |                   |         |        |
|-------------------------------------|-------------|-------------------|---------|-------------------|---------|--------|
|                                     | фенол       | формаль-<br>дегид | фенол   | формаль-<br>дегид | метанол | аммиак |
| 1                                   | 0,052       | 0,014             | 0,016   | 0,006             | 0,010   | 0,022  |
| 2                                   | 0,153       | 0,037             | 0,048   | 0,015             | 0,084   | 1,586  |
| 5                                   | 0,209       | 0,052             | 0,065   | 0,022             | 0,085   | 1,624  |
| 10                                  | 0,296       | 0,096             | 0,093   | 0,040             | 0,088   | 1,632  |
| 20                                  | 0,461       | 0,180             | 0,144   | 0,076             | 0,090   | 1,636  |
| 30                                  | 0,595       | 0,255             | 0,187   | 0,108             | 0,093   | 1,638  |
| 40                                  | 0,755       | 0,331             | 0,236   | 0,123             | -       | -      |
| 50                                  | 0,906       | 0,382             | 0,284   | 0,161             | -       | -      |
| 60                                  | 0,985       | 0,440             | 0,329   | 0,200             | -       | -      |

Примечание. Прочерк означает, что вредные вещества не выделяются

Состав смесей в весовых частях к песку:

Смесь 1 - горячеплакированная

|                 |        |
|-----------------|--------|
| Смола ОФ-015    | - 0,48 |
| Уротропин       | - 0,58 |
| Стеарат кальция | - 0,2  |
| Песок           | - 100  |

Смесь 2 - холодного плакирования, механическая

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Пульвербакелит        | - 4,0  |
| Смола 18              | - 2,0  |
| Сода кальцинированная | - 0,15 |
| Песок                 | - 100  |
| Борная кислота        | - 0,15 |

Смесь 3 - холодного плакирования, механическая

|                   |        |
|-------------------|--------|
| Пульвербакелит    | - 6,5  |
| Уротропин         | - 0,12 |
| Спирт гидролизный | - 1,65 |
| Дибутилфталат     | - 0,06 |
| Песок             | - 100  |

Таблица 8

Выделения вредных веществ при отверждении стержневых смесей, г/кг смеси / 11 /

| Смола  | Время от начала отвержд., мин | Формальдегид | Фенол  | Фурфурол |
|--------|-------------------------------|--------------|--------|----------|
| ПК-104 | 1,0                           | 0,0007       | 0,0006 | -        |
|        | 3,0                           | 0,0019       | 0,0061 | -        |
|        | 5,0                           | 0,0083       | 0,0089 | -        |
|        | 10,0                          | 0,0108       | 0,0149 | -        |
|        | 20,0                          | 0,0128       | 0,0169 | -        |
|        | 30,0                          | 0,0148       | 0,0179 | -        |
|        | М-3                           | 1,0          | 0,0075 | 0,0014   |
| 3,0    |                               | 0,0581       | 0,035  | -        |
| 5,0    |                               | 0,0981       | 0,049  | -        |
| 10,0   |                               | 0,01621      | 0,112  | -        |
| 20,0   |                               | 0,1921       | 0,140  | -        |
| 30,0   |                               | 0,2121       | 0,152  | -        |
| КФ-40  |                               | 1,0          | 0,0035 | -        |
|        | 3,0                           | 0,0333       | -      | 0,0903   |
|        | 5,0                           | 0,0515       | -      | 0,1627   |
|        | 10,0                          | 0,0921       | -      | 0,3178   |
|        | 20,0                          | 0,127        | -      | 0,3742   |
|        | 30,0                          | 0,130        | -      | 0,3822   |

Примечание. Прочерк означает отсутствие вредного вещества

Таблица 9

Количество выделяющихся вредных веществ при изготовлении  
стержней, г/кг смеси / 12 /

| Марка             | Фенол | Формальде-<br>гид | Аммиак | Метилловый<br>спирт | Фурфурол | NO <sub>2</sub> | CO    |
|-------------------|-------|-------------------|--------|---------------------|----------|-----------------|-------|
| СФ_15             | 0,450 | 0,158             | 0,500  | 0,100               | -        | -               | 0,190 |
| СФ_480            | 0,465 | 0,107             | 0,570  | 0,050               | -        | -               | 0,210 |
| Феноло-<br>спирты | 1,590 | 0,140             | -      | 1,150               | -        | 0,025           | 0,200 |
| КФ_40             | -     | 0,150             | 0,150  | 0,01                | 0,275    | 0,010           | 0,240 |
| ФФ_1СМ            | 0,113 | 0,007             | -      | 0,043               | -        | 0,025           | 0,200 |
| Футирол           | 0,167 | 0,01              | -      | 0,05                | -        | -               | -     |
| КФ_90             | -     | 0,150             | 0,065  | 0,006               | 0,098    | 0,14            | 0,4   |

- Примечания. 1. Прочерк означает, что вредное вещество не выделяется.  
2. В таблице приведены максимальные значения выделений вредных веществ, полученные в производственных условиях для оборудования, оснащенного местной вытяжной вентиляцией.  
3. Величина выделений вредных веществ определена с момента заполнения стержневого ящика до съема стержней с машины.  
4. В состав вредных веществ входят продукты сгорания газа, применяемого для нагрева оснастки, и акролеин, образующийся при термическом разложении масел и смазок.

Таблица 10

Количество вредных веществ при работе выбивных решеток / 2 /

| Решетки<br>выбивные         | пыль                     |                      | СО                       |                      | SO <sub>2</sub>          |                      | NO                       |                      | аммиак                   |                      |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|                             | г/с на<br>ед.<br>оборуд. | г/кг<br>отли-<br>вок | г/с на<br>ед.<br>оборуд. | г/кг<br>отли-<br>вок | г/с на<br>ед.<br>оборуд. | г/кг<br>отли-<br>вок | г/с на<br>ед.<br>оборуд. | г/кг<br>отли-<br>вок | г/с на<br>ед.<br>оборуд. | г/кг<br>отли-<br>вск |
| <b>Эксцентри-<br/>ковые</b> |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |
| мод. 421                    | 1,67                     | 3,6                  | 0,4                      | 0,94                 | 0,014                    | 0,029                | 0,09                     | 0,17                 | 0,16                     | 0,28                 |
| мод. 422                    | 1,94                     | 4,1                  | 0,5                      | 0,98                 | 0,015                    | 0,030                | 0,11                     | 0,18                 | 0,18                     | 0,29                 |
| <b>Инерционные</b>          |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |
| мод. 31211                  | 1,67                     | 3,6                  | 0,4                      | 0,94                 | 0,014                    | 0,029                | 0,09                     | 0,17                 | 0,16                     | 0,28                 |
| 31313                       | 2,5                      | 4,7                  | 0,6                      | 0,99                 | 0,017                    | 0,031                | 0,12                     | 0,18                 | 0,21                     | 0,31                 |
| 31216                       | 7,10                     | 7,8                  | 0,9                      | 1,11                 | 0,030                    | 0,032                | 0,21                     | 0,21                 | 0,39                     | 0,43                 |
| 31218                       | 15,30                    | 10,7                 | 1,8                      | 1,37                 | 0,057                    | 0,037                | 0,46                     | 0,28                 | 0,79                     | 0,67                 |

его габаритов и массы, подвергается той или иной очистке. В очистных и галтовочных барабанах допускается чистить мелкое и среднее литье. Барабаны могут быть непрерывного или прерывного действия.

При дробеструйной очистке поверхность отливки очищается мелкой чугунной или стальной дробью, подающейся через сопло вместе со сжатым воздухом под давлением 2–6 атм. В дробеметных аппаратах дробь механически выбрасывается вращающимися колесами с лопастями. Скорость дроби по выходе из аппарата составляет 70–80 м/с.

Установки очистки отливок снабжены индивидуальными средствами отсоса пыли, которая направляется в пылесборник. По данным СПКИ (г. Одесса), в табл. 11 представлены валовые и удельные выделения пыли от очистного оборудования /13/.

Таблица 11

Выделение пыли от очистного оборудования / 13 /

| Оборудование               | Производительность | Количество пыли                     |              |
|----------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------|
|                            |                    | г/с на ед. работающего оборудования | г/кг отливки |
| <b>Дробеметный барабан</b> |                    |                                     |              |
| тип 376В9                  | 50 подвесок/ч      | 6,90                                | 2,37         |
| 377                        | 50 подвесок/ч      | 5,63                                | 2,25         |
| мод. 42313                 | 10 т/ч             | 11,82                               | 4,26         |
| 42713                      | 50 подвесок/ч      | 1,62                                | 0,98         |
| 323                        | 2,5 т/ч            | 3,39                                | 0,40         |
| <b>Дробеметная камера</b>  |                    |                                     |              |
| мод. 373                   | 40 подвесок/ч      | 49,45                               | 18,78        |
| <b>Галтовочный барабан</b> |                    |                                     |              |
| мод. 314                   | 10 т/ч             | 2,79                                | 1,00         |



Обобщенные НИИЮГАЗ данные пылевыведения различных очистных операций приведены в табл. 12 /2/.

Таблица 12

Выделение пыли при очистке литья / 2 /

| Техпроцесс и оборудование                         | Объем очищаемых отливок, м <sup>3</sup> | Чугунное литье     |              | Стальное литье     |              |
|---|---|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
|   |   | г/с на ед. оборуд. | г/кг отливки | г/с на ед. оборуд. | г/кг отливки |
| Дробеметная очистка в барабанах                   | До 25                                   | 7,78               | 9,3          | 5,8                | 14,0         |
|   | До 80                                   | 17,78              | 12,8         | 13,4               | 19,3         |
|   | До 400                                  | 39,17              | 20,1         | 29,44              | 53,03        |
| Столы очистные дробеметные                        | До 150                                  | 9,72               | 23,3         | 67,3               | 34,7         |
|   | До 300                                  | 11,1               | 25,0         | 8,3                | 37,5         |
|   | До 600                                  | 13,3               | 29,1         | 10,0               | 43,6         |
| Машины полуавтоматические дробеметные             | До 25                                   | 9,1                | 6,9          | 6,9                | 10,3         |
|   | До 400                                  | 25,0               | 12,8         | 18,7               | 19,3         |
| Камеры очистные дробеметные непрерывного действия |   |                    |              |                    |              |
|   | для мелкого литья                       | 33,3               | 6,0          | 25,0               | 9,1          |
|   | для крупного литья                      | 50,0               | 2,8          | 37,5               | 4,2          |
| Галтовка  | До 10                                   | 1,6                | 3,0          | 1,2                | 4,5          |
| Барабаны очистные галтовочные                     | До 40                                   | 8,3                | 7,5          | 6,2                | 11,3         |
|   | До 100                                  | 40,0               | 24,9         | 30,0               | 36,1         |

Конечной операцией очистки отливок является зачистка от заусенцев, всевозможных приливов, неровностей после отрезки литников, прибылей и т. п. Она выполняется с помощью абразивных кругов на специальных станках и приспособлениях. Абразивные круги устанавливают на стационарных, подвесных маятниковых или переносных станках в зависимости от массы и конфигурации отливок. Отливки массой до 30 кг зачищают на стационарных кругах чаще всего вручную. При массовом производстве эти операции выполняют на специальных стационарных полуавтоматах и линиях абразивной зачистки.

Пылевыведения на этих линиях при производительности 48 отливок в час составляет до 0,8 г на 1 кг отливок /13/. Данные по выделению пыли от оборудования для абразивной обработки изделий приведены в табл.13 /2/.

Таблица 13

Выделение пыли при абразивной обработке изделий /2/

| Станки, обдирочно-шлифовальные с кругом | Диаметр круга | Количество пыли         |              |
|---|---------------|-------------------------|--------------|
|   |               | г/с на ед. оборудования | г/кг отливок |
| Стационарным                            | 200           | 0,14                    | 1,89         |
|   | 400           | 0,29                    | 3,92         |
|   | 600           | 0,43                    | 5,82         |
| Подвесным                               | 200           | 0,13                    | 0,43         |
|   | 400           | 0,25                    | 1,80         |
|   | 600           | 0,38                    | 2,74         |

### 1.1.5. Плавка чугуна в вагранках и индукционных печах

Основным плавильным агрегатом для чугуна остается вагранка с подогретым или холодным дутьем. В качестве шихты используют литейный и предельный чугуны.

Подача дутья осуществляется через специальные устройства-фурмы, расположенные по периметру кожуха печи. В качестве топлива используется кокс, кроме того, для правильного ведения процесса плавки добавляют корректирующие добавки - флюсы. Чугун из вагранки выпускается либо в металлоприемник, где происходит отделение шлака, и затем направляется в разливочный ковш, либо в разливочный ковш. Поскольку лоток у вагранки короткий, то в нем металл течет без завихрений, что обуславливает сравнительно невысокие выбросы.

При производстве ковкого или высокопрочного чугуна с шаровидным графитом необходимо вводить модифицирующие добавки для получения характерной формы графита. К таким добавкам относятся магний, кальций, церий, барий, неодим и др. Добавки могут быть введены в расплавленный металл, в желоб вагранки, в металлоприемник или в разливочный ковш. Другие добавки для увеличения прочности чугуна (хром, никель и марганец) вводятся в приемный ковш.

В процессе плавки чугуна в вагранках выделяется значительное количество пыли, оксида углерода, в меньшей степени - оксида серы, углеводородов. Введение в металлическую шихту возврата собственного производства в виде литниковой системы вносит в вагранку часть прилипшего песка. Этот песок, подхваченный газами, увлекается в общий дымовой поток.

Количество пыли зависит от многих факторов: производительности вагранки, состава, количества и качества металлозавалки, топлива, вида дутья, способа

загрузки и др. Максимальные значения запыленности имеют место в период загрузки шихты (в 7 раз выше средней скорости выброса загрязнений и в 15 раз выше того периода, когда максимальное значение выброса пройдено) /14/.

В табл. 14 приведены количественные характеристики валовых выделений вредных веществ по исследованиям СКПИ (г. Одесса) /13/, в табл. 15 — выбросов аэрозолей по данным американских исследований /14/.

Таблица 14

Количество выделяющихся вредных веществ, г/кг жидкого чугуна /13/

| Производительность вагранки, т/ч | Пыль | Оксид углерода | Оксиды азота | Оксид серы | Углеводороды |
|----------------------------------|------|----------------|--------------|------------|--------------|
| 1,5                              | 12,4 | 222            | 0,06         | 0,32       | 0,14         |
| 2,5                              | 11,9 | 202            | 0,04         | 0,25       | 0,05         |
| 5,0                              | 11,4 | 199            | 0,07         | 0,28       | 0,15         |
| 7,0                              | 11,4 | 195            | 0,02         | 0,39       | 0,05         |
| 12,0                             | 11,0 | 191            | 0,04         | 0,30       | 0,14         |
| 15,0                             | 10,9 | 187,5          | 0,05         | 0,36       | 0,08         |
| 25,0                             | 8,7  | 175,0          | 0,05         | 0,55       | 0,10         |

Среднее количество выбросов CO в отсутствии подавления оценивается в 77 кг/т расплавленного металла.

По литературным данным, величина концентрации пыли в колошниковых газах составляет от 3 до 20 г/м<sup>3</sup> в зависимости от периода плавки /15/.

Большинство вагранок имеет процесс частичного самодожигания оксида углерода, поэтому максимальные значения выделений вредных веществ, по данным СКПИ, относятся к вагранкам с меньшей интенсивностью процесса самодожигания /13/. Выделения диоксида серы и уг-

Таблица 15

## Выбросы аэрозолей, кг на тонну металла /14/

| Плавка | А э р о з о л и |         |           |
|--------|-----------------|---------|-----------|
|        | всего           | горючие | негорючие |
| А      | 24,8            | 3,1     | 21,2      |
| В      | 8,6             | 1,8     | 0,69      |
| С      | 9,9             | 3,4     | 6,7       |
| Д      | 4,5             | 0,87    | 3,5       |
| Е      | 18,8            | 4,7     | 1,7       |
| Ф      | 2,6             | 0,68    | 1,96      |

Примечание. А, С и Д относятся к режиму работы автоматического загрузочного люка.

Углеродородов зависят, в основном, от состава шихты. Наличие в шихте доменного чугуна с большим содержанием серы влечет за собой увеличение ее в газах, применение замасленной стружки повышает содержание углеродородов в газах.

Работа в подготовленной и рассортированной шихте, просеянном коксе и при правильно организованном технологическом цикле практически исключает углеродороды, резко снижает выделение серы. В то же время выделение оксида углерода не зависит от состава шихты.

В СССР для сбеспыливания газов чугунолитейных вагранок получили распространение сухие и мокрые искрогасители. Эффективность сухих искрогасителей составляет 25-30%, а мокрых - 50-85% /16/.

На рис. 1 приведена традиционная система обеспыливания ваграночных газов с применением мокрых искрогасителей.

### 1.1.6. Плавка чугуна в электрических печах

Для получения чугуна для отливки тонкостенных деталей или легированного плавка проводится в электропечах.

Электропечи могут быть использованы для перегрева жидкого чугуна, расплавленного в вагранке (дуплекс-процесс), или для плавки на твердой завалке. Плавят чугун в основном в дуговых печах. Получает распространение также индукционный нагрев.

Периоды плавки чугуна на твердой завалке соответствуют плавке стали.

Индуктивный нагрев применяют как в специальных печах, так и для подогрева в копильнике. Выделение вредных веществ при плавке чугуна в индукционных и электродуговых печах зависит от типа агрегатов, состава и качества шихты. В табл. 16 приведены результаты замеров СПКИ (г. Одесса) по выделению вредных веществ при плавке чугуна в индукционных печах и в табл. 17 - в электродуговых печах.

### 1.1.7. Выплавка стали в дуговых электропечах

Последовательность операций работы электродуговой печи состоит в загрузке, расплавлении загруженного сырья и нескольких периодов плавки. Для загрузки печи очередной партией металлического лома свод печи сдвигается в сторону, печь выдвигается в шихтарный двор или остается на месте. С помощью крана в печь подается бадьей металлический лом. В период завалки интервал значений выбросов загрязнений изменяется от 0,25 до 0,5 кг/т стали /14/.

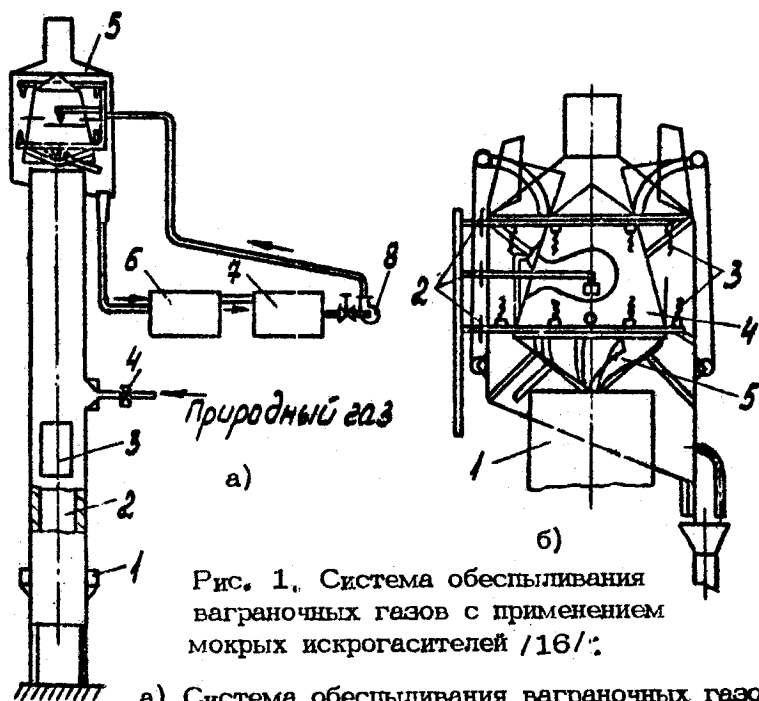


Рис. 1. Система обеспыливания ваграночных газов с применением мокрых искрогасителей /16/:

а) Система обеспыливания ваграночных газов в мокрых искрогасителях: 1 - зона подачи дутья в вагранку; 2 - вагранка; 3 - загрузочное окно; 4 - запальная горелка; 5 - мокрый искрогаситель; 6, 7 - баки-отстойники; 8 - насос;

б) Мокрый искрогаситель: 1 - шихта; 2 - система орошения; 3 - форсунки; 4 - обтекатель; 5 - конус обтекателя;

Таблица 16

Выделение вредных веществ при плавке чугуна в индукционных печах /14/

| Марка печи | Пыль  |                 | СО   |                 | NO <sub>2</sub> |                 | SO <sub>2</sub> |                 |
|------------|-------|-----------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|            | г/с   | г/кг<br>завалки | г/с  | г/кг<br>завалки | г/с             | г/кг<br>завалки | г/с             | г/кг<br>завалки |
| ИЧТ - 0,4  | 3,89  | 1,19            | 0,28 | 0,11            | 0,15            | 0,06            | 0,39            | 0,20            |
| ИЧТ - 2,5  | 6,75  | 1,40            | 0,83 | 0,12            | 0,44            | 0,07            | 0,34            | 0,14            |
| ИЧТ - 6    | 26,25 | 1,24            | 1,94 | 0,12            | 0,22            | 0,06            | 2,64            | 0,12            |
| ИЧТ - 10   | 41,67 | 1,10            | 3,33 | 0,09            | 3,06            | 0,08            | 4,44            | 0,12            |



Таблица 17

Выделение вредных веществ при плавке чугуна в электродуговых печах  
завалки, г/кг /14/

| Шихта   | Пыль плавильная | СО        | SO <sub>2</sub> | Оксиды азота |
|---|-----------------|-----------|-----------------|--------------|
| Чистая<br>(чугун доменный,<br>чушковый, возврат)                  | 4,8-5,5         | 0,30-0,50 | 2,6             | 0,18-0,20    |
| Загрязненная<br>(лом пересортиро-<br>ванный, стружка<br>чугунная) | 20,0-26,0       | -"-       | -"-             | -"-          |
| Жидкая завалка  | 6,0-6,8         | 0,30-0,50 | -"-             | 0,18         |

Примечание. Газоотбор типа "зонт", "четвертое отверстие в своде".

После загрузки электроды опускаются, и металл начинает плавиться. Мощность электрического тока в первый период расплавления увеличивается до максимального значения, чтобы расплавить лом как можно быстрее.

Работа дуговых сталеплавильных печей связана с выбросами дыма и пыли, выделяющимися в плавильном пространстве печи в процессе плавления шихты, окислительного и восстановительного периодов плавки. Кроме того, из печи, открытой сверху для заправки и завалки шихты, тепловыми потоками уносятся частицы заправочных материалов, шихты, продукты горения масел (при загрязненной шихте).

Пылегазовыделение происходит также во время выпуска металла из печи. Строение частиц пыли, ее дисперсный и химический состав зависят от вместимости и производительности печи, периода плавки и марки стали. Газы, образующиеся при плавке стали в дуговых печах, состоят из оксидов углерода, азота и серы. В небольших концентрациях присутствуют цианиды, фториды, пары воды, иногда углеводороды (при замасленной шихте в период расплава).

По данным одного из отечественных заводов, выбросы из дуговой печи ДС-6Н1 при выплавке углеродистых сталей 25-35Л содержали пыль, оксиды углерода, серы, азота, марганца и железа (табл. 18) /17/.

Таблица 18

Выбросы вредных веществ при выплавке стали, мг/м<sup>3</sup> /17/

| Период          | Пыль | СО   | SO <sub>2</sub> | Оксиды азота | MnO  | Оксид железа |
|-----------------|------|------|-----------------|--------------|------|--------------|
| Плавления       | 260  | -    | -               | 9,6          | -    | 21,4         |
| Нагрева металла | 130  | 64   | 2,8             | 17,5         | 0,12 | 18,5         |
| Раскисления     | 95   | 87,5 | -               | 14,5         | -    | -            |

Химический состав аэрозолей, выбрасываемых из дуговой печи в различные периоды плавки колеблется и составляет, % :

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Fe                             | - 5 - 36  |
| SiO <sub>2</sub>               | - 1 - 9   |
| CaO                            | - 2 - 22  |
| MgO                            | - 2 - 15  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | - 19 - 60 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | - 1 - 13  |
| MnO                            | - 3 - 12  |
| SO <sub>3</sub>                | - -       |

По данным американских исследований, химический состав аэрозолей без подавления выбросов приведен в табл. 19 /14/.

Таблица 19

Состав частиц аэрозолей без подавления выбросов, % /14/

| Процесс            | SiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | SO <sub>3</sub> |
|--------------------|------------------|------|------|------------------------------------|--------------------------------|------|-----------------|
| Плавление          | 9,7              | 3,4  | 0,45 | 65,7                               | 0,31                           | 10,1 | 2,0             |
| Окисление примесей | 0,76             | 6,3  | 0,67 | 66,0                               | 0,17                           | 5,8  | 6,0             |
| Раскисление        | 2,42             | 3,10 | 1,83 | 65,4                               | 0,14                           | 9,1  | 1,84            |
| Обработка          | сл.              | 35,2 | 2,7  | 26,6                               | 0,45                           | 0,7  | 7,55            |

Оксид углерода образуется в результате реакции углерода электродов или углерода, находящегося в ваннах, его выброс изменяется от 0,26 до 3,3 кг/т стали/14/.

Образующиеся в процессе плавки насыщенные пылью газы повышают давление в печи и через неплотности в ее конструкции выходят у электродов и рабочего окна.

Газы выделяются и во время загрузки печи и слива готовой стали в ковши.

Для улавливания и отвода газов, выделяющихся из электропечей, применяют различные системы:

1) фонари в крыше цеха, через которые попавший в цех газ удаляется естественным путем;

2) установку над электропечью зонта (рис. 2а). В конструкции зонта 9 предусмотрен специальный колпак 8 над загрузочным окном печи, предназначенный для отсоса газов, выделяющихся при загрузке и в процессе работы печи;

3) секционный отсос (рис. 2б) представляющий собой усовершенствованное укрытие, состоящее из секций, присоединенных к вытяжному газопроводу телескопическим патрубком 7;

4) отвод газа из свода печи ("четвертое отверстие") (рис. 2 в);

5) отвод газов способом полного укрытия печи (рис. 2 д) /16/.

Удельные пыле- и газовыделения при электродуговой плавке зависят от чистоты шихты.

Выделение оксида углерода в среднем составляет 70-90 г/кг за плавку. Вследствие высокой температуры отходящих газов (1200 - 1400 °С) в системе газоотбора происходит процесс частичного самодожигания оксида углерода.

В табл. 20 приведены обобщенные значения удельных выделений вредных веществ при плавке металла в электродуговых печах в зависимости от состава шихты и типа устройств для отбора газов (СПКН, г. Одесса).

Разливку металла и его охлаждение производят на больших площадях цеха, поэтому улавливать загрязнения, которые сопровождают эти процессы, сложно. Обычно разливают и охлаждают металл под вытяжными колпаками. При разливе металла в формы  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$  проникают через песок и воспламеняются на поверхности.

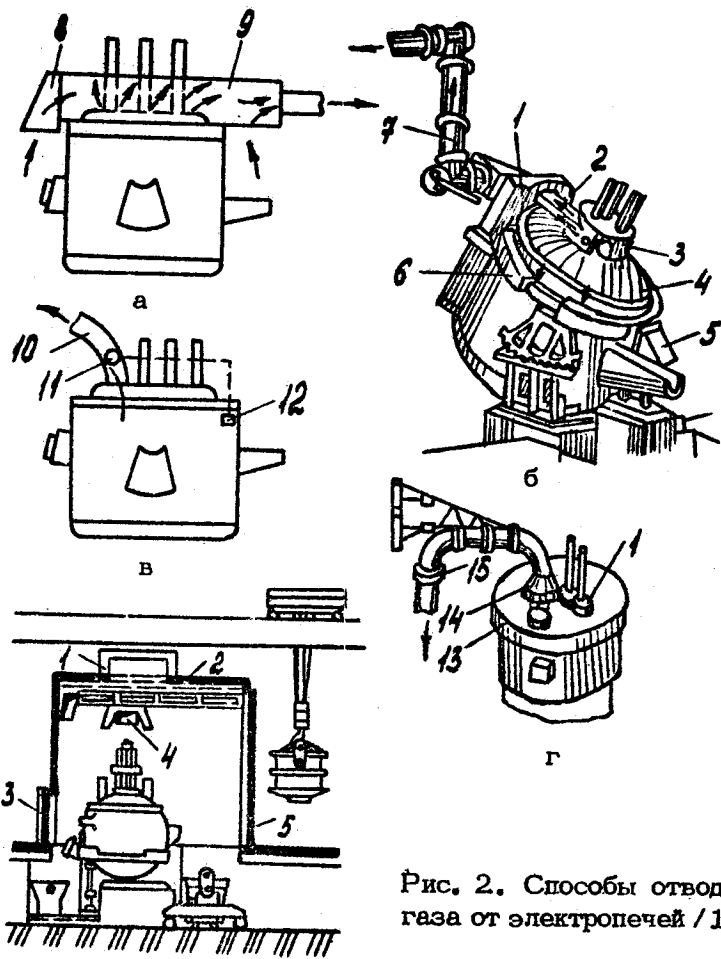


Рис. 2. Способы отвода газа от электропечей /16/;

- д а - через зонт; б - секционный отсос;  
 в - из свода печи; г - из свода печи через патрубок с разрывом; д - полное укрытие печи; 1 - клапан для канатов крана (открыт); 2 - клапан (закрыт); 3 - окно для обслуживания печи; 4 - трубопровод для отсоса газов с вытяжным воздуховодом; 5 - загрузочная дверь.

Таблица 20

Количество вредных веществ при шлавке металла, г/кг завалки /14/

| Шихта   | Пыль      | Углерода<br>оксид                                 | Серы<br>диоксид                            | Азота<br>оксиды |
|---|-----------|---|--|-----------------|
| ω<br>∞<br>Чистая (крупновес,<br>собственные отходы) | 3, 1-3, 5 |   |  |                 |
| Средней чистоты<br>(покупной лом,<br>легковес)      | 5, 4-6, 5 | 0,3-0,5<br>"рабочее<br>окно"                      | 1-1,3<br>минимально<br>для чистой<br>шихты | 0,50            |
| Загрязненная<br>(стружка, легковес)                 | 8,0-11,0  | 4,9-5,5<br>"зонт"<br>"4-е отвер-<br>стие в своде" |  |                 |

## 1.2. Литье по выплавляемым моделям

Один из наиболее производительных способов получения литых заготовок — литье по выплавляемым моделям. По сравнению с литьем в песчаные формы, этот метод уменьшает расход жидкого металла на 20–30%, сокращает припуск на обработку в 2 раза, экономит исходные материалы и создает возможность для комплексной механизации и автоматизации процессов. Метод особенно эффективен при изготовлении деталей сложного профиля.

Плавят металл в тигельных печах различной конструкции, заливают — в оболочковые огнеупорные формы.

Тигельные печи на 1 т выплавляемого металла выделяют до 1,5 кг пыли и незначительное количество вредных газов. Содержание вредных веществ зависит от состава шихты. При использовании в шихте стружки с содержанием масла количество вредных веществ возрастает: пыли с 1,5 кг до 5, оксида углерода с 17 до 22 кг. Кроме того, в выбросах появляются бензол, оксиды азота, углеводороды (табл. 21).

Таблица 21

Валовые выделения вредных веществ  
за 1 ч, г /7/

| Вещество                      | Шихта       |             |
|-------------------------------|-------------|-------------|
|                               | без стружки | со стружкой |
| Пыль                          | 45,0        | 230–570     |
| СО                            | 525,0       | 815–1200    |
| С <sub>6</sub> Н <sub>6</sub> | —           | 28–350      |
| Оксиды азота                  | —           | 17–25       |
| Сернистый ангидрид            | —           | 21–38       |
| Углеводороды                  | —           | 800–11200   |

При использовании стружки в шихте наиболее рационален ее подогрев для удаления масла или пыли (при содержании масла в стружке 2,3-6,2%).

Технологический процесс литья по выплавляемым моделям складывается из следующих операций:

изготовление металлической модели отливаемого изделия;

изготовление пресс-формы по моделям;

получение в пресс-форме моделей из легкоплавких материалов для будущей отливки.

Для модельных составов применяют парафин, стеарин, церезин, канфоль, воски и другие легкоплавкие пластичные материалы.

Модельные составы в жидком состоянии, нагретые до 60-80 °С, свободно заливаются в пресс-форму, обеспечивая получение тонкостенных моделей с высоким качеством поверхности. Пресс-формы заполняют на прессах верстаках, поворотных столах и в контейнерах, затем их охлаждают водой, воздухом и разбирают. Мелкие и средние модели монтируют в модельные комплекты на стойке

В помещениях по подготовке легкоплавких моделей поддерживается постоянная температура и оборудуется вентиляция.

Облицовочные огнеупорные покрытия наносят на легкоплавкие модели в несколько приемов. В качестве исходных материалов применяют кварцевый песок, пылевидный кварц, шамотный порошок, диоксид титана, глинозём и др.

Твердые материалы огнеупорных покрытий в хорошо вентилируемых помещениях подвергают последовательной подготовке: размалыванию, просеиванию, промывке, прокаливанию.

Связующим материалом служат в основном этилсиликат (эфир ортокремниевой кислоты), жидкое стекло, ацетоновый раствор кремнекислоты (АРК).

Раствор огнеупорного покрытия приготавливают



смешиванием связующего с твердыми огнеупорными материалами. Огнеупорное покрытие состоит из нескольких слоев, последовательно наносимых один на другой окунанием с присыпкой кварцевым песком. Каждый слой покрытия подвергают сушке на воздухе, в сушильных камерах или шкафах.

Все жидкости, применяемые при покрытиях, горючие, легко воспламеняются и вредны для здоровья. Помещения для этих целей должны быть хорошо вентилируемые.

Модельный состав выплавляют горячей водой, струей горячего воздуха, в термостатах. Оборудование снабжается вентиляцией.

Подготовка оболочковых форм к заливке металлом разнообразна. Чаще всего форму, предварительно установленную в жароупорный контейнер, уплотняют сыпучим зернистым наполнителем и затем прокаливают 6-8 ч в специальных печах при температуре 850-900 °С до полного удаления органических составляющих.

После заливки металлом и охлаждения формы выбивают различными способами: опрскидыванием, на специальных вибрационных решетках и др. Затем вибрацией, на спецпрессах отламывают литники, прибыли, очищают отливки от остатков огнеупорных покрытий в щелочах или обдувкой металлическим песком. Применяются очистка гидроабразивная, ультразвуковая и электрогидравлическим ударом.

Процессы литья в оболочковые и металлические формы высокопроизводительны и поддаются автоматизации.

В производстве точного литья операции изготовления и запрессовки модельных составов, выплавления их из оболочек, нанесения керамического покрытия, сушки блоков в аммиачной среде, плавки, заливки и выщелачивания отливок сопровождаются, кроме пылевыделения, сильным выделением газов и паров, вредных для здоровья (этилсиликат, акролеин, углеводороды, аммиак), допустимая концентрация которых в воздухе не должна превы-

шать 0,002 мг/л, суммарная концентрация углеводородов должна быть не более 0,03 мг/л, а паров аммиака не более 0,02 мг/л. При заливке форм кроме паров фенола и оксида углерода может выделяться бензо[а]пирен.

В работе /2/ приводятся сведения о количестве вредных веществ, выделяющихся оборудованием участков литья по выплавляемым моделям, по данным ГПИ Сантех проект и НИИОГАЗ (табл. 22).

В работе /12/ приведены данные ВНИИОТ ВЦСПС (г. Свердловск) по удельным выделениям вредных веществ при изготовлении небольших по массе отливок (не более 20 кг) в песчано-глинистых формах с использованием оболочковых стержней (табл. 23).

В работе /18/ приведены удельные выделения вредных веществ от оборудования автоматических линий изготовления оболочковых форм моделей РО30 и РО40 конструкции НИИТСХМ при использовании сухих плакированных смесей по результатам исследований СПКИ (г. Одесса) (табл. 24). Данные приведены для используемой на автоматических линиях смеси следующего состава (в весовых частях): песок - 94,1; смола Сф - 0,15-5,0; уротропин - 0,6.

Несмотря на преимущества метода литья под давлением (экономия жидкого металла, сокращение припусков на обработку), из-за выбросов он относится к вредным производствам при существующей технологии обезвреживания по сравнению с литьем в песчаные формы.

### 1.3. Литье из алюминиевых сплавов

Отливки чаще всего изготавливают из алюминиевых сплавов. В качестве исходных материалов при выплавке применяют первичные и вторичные (переплавленные) металлы и сплавы, лигатуры и возврат своего производства

Наиболее распространенный сплав алюминия - силумин (10-13% Si), который используют главным образом

## Вредные вещества, выделяемые оборудованием участков литья /2/

| Процесс, тип технологического оборудования                | Вещества                     | Количество |       |
|---|------------------------------|------------|-------|
|   |                              | г/с        | г/кг  |
| 1   | 2                            | 3          | 4     |
| 1. Расплавление компонентов модельной массы               | Пары парафина (углеводороды) | 0,00003    | -     |
| 2. Автомат по обмазке и обсыпке модельных блоков мод. 664 | Пыль кварца                  | 0,47       | -     |
|   | Пары ацетона                 | -          | 1,8+  |
| Пескосып  | Пары изопропилового спирта   | -          | 16,5+ |
| 3. То же. Ванна окунания                                  | Пары изопропилового спирта   | -          | 21,5+ |
| 4. Ванна с кипящим слоем песка                            | Пыль кварца                  | 1,04       | -     |

Продолжение табл. 22

| 1   | 2                       | 3    | 4    |
|---|-------------------------|------|------|
| 5. Агрегат приготовления огнеупорного покрытия мод. 662, весы-дозатор | Пыль маршалита и кварца | 0,08 | -    |
| 6. Установка приготовления огнеупорного покрытия                      | Пыль маршалита          | 0,90 | -    |
|   | Пары ацетона            | 0,02 | -    |
| 7. Агрегат приготовления огнеупорного покрытия мод. 662А              | Пыль маршалита          | -    | 6120 |
|   | Пары ацетона            | 0,07 | -    |
| 8. Автомат для нанесения огнеупорного покрытия                        | Пыль маршалита          | 1,00 | -    |
|   | Пары ацетона            | 0,06 | -    |
|   | Пыль кварцевая          | 1,00 | -    |
| 9. Установка воздушно-аммиачной сушки                                 | Пары аммиака            | -    | 230  |

| 1   | 2                      | 3      | 4 |
|---|------------------------|--------|---|
| 10. Ванна для выплавки модельного состава мод. 672    | Пары углеводородов     | 0,08   | - |
| 11. Полуавтомат отделения керамики и отливок мод. 693 | Пыль кварца и керамики | 1,67   | - |
| 12. Узел отделения отливок                            | То же                  | 1,25   | - |
| 13. Установка отделения керамики                      | Пыль кварца, керамики  | 1,0    | - |
| 14. Установка выщелачивания керамики мод. 695         | Аэрозоль щелочи        | 0,0007 | - |
| 15. Полуавтомат обработки готовых изделий             | Абразивная пыль        | 0,19   | - |

Окончание табл. 22

| 1  | 2              | 3    | 4 |
|--|----------------|------|---|
| 16. Бегуны для размола маршалита мод. 1A11 | Пыль маршалита | 0,12 | - |
| 17. Сито для маршалита                     | - " -          | 0,14 |   |

Примечание. + - удельные выделения паров изопропилового спирта и ацетона приведены на 1 кг этих веществ, содержащихся в огнеупорной обмазке;

- - данные отсутствуют.

Таблица 23

Количество вредных веществ, г/кг смеси /12/

| Время от начала заливки, мин | Песчано-глинистые смеси |         |       | Оболочковые формы |         |       |
|------------------------------|-------------------------|---------|-------|-------------------|---------|-------|
|                              | фенол                   | цианиды | СО    | фенол             | цианиды | СО    |
| 2                            | 0,03                    | 0,13    | 362   | 2,1               | 0,1     | 7,4   |
| 5                            | 0,07                    | 0,30    | 805   | 3,4               | 0,3     | 18,5  |
| 10                           | 0,15                    | 0,41    | 1811  | 4,3               | 0,6     | 37,8  |
| 20                           | 0,80                    | 0,49    | 3598  | 5,1               | 1,1     | 68,8  |
| 30                           | 0,40                    | 0,54    | 5434  | 5,4               | 1,5     | 97,4  |
| 40                           | 0,60                    | 0,62    | 7167  | 5,7               | 1,9     | 134,0 |
| 60                           | 0,80                    | 0,67    | 10705 | +                 | +       | 204,8 |

Примечание. + - после 40 мин вредные вещества из оболочковых форм практически не выделяются.

Таблица 24

Количество выделяемых вредных веществ при использовании сухих лакированных смесей,  $10^5$  г/с на 1 кг смеси /18/

| Технологическое оборудование                         | Пыль | Фенол | Формальдегид | Аммиак | СО   |
|--|------|-------|--------------|--------|------|
| Дозатор смеси  | 5,40 | 0,45  | 0,230        | -      | -    |
| Кантователь  | 0,39 | 1,35  | 0,010        | 3,810  | 0,56 |
| Печь полимеризации<br>( $10^5$ г/с на 1 кг оболочки) | -    | 3,0   | 1,840        | 5,500  | 4,17 |
| Съемник  | -    | 0,44  | -            | 0,430  | 0,07 |
| Узел обдува  | 2,78 | -     | -            | -      | -    |
| Печь нагрева оснастки                                | -    | 0,37  | 0,006        | 0,008  | 0,01 |
| Полигональное сито                                   | 0,08 | -     | -            | -      | -    |

Примечание. 1. Прочерк означает отсутствие вредных веществ.

2. Приведены максимальные значения выделений вредных веществ, полученных в производственных условиях для оборудования, оснащенного местной вытяжной вентиляцией.



для изготовления отливок в металлических формах свободной заливкой или запрессовкой на специальных машинах для литья под давлением. В отдельных случаях возможно изготовление отливок этих сплавов по выплавляемым моделям.

Алюминиевые сплавы получают в печах различных типов: индукционных тигельных ИАТ, печах сопротивления САТ и САН, газовых отражательных и др. В печь загружают отходы, расплавляют их и очищают хлористым диоксидом (0,1–0,2% от массы металла) или продувают газом – хлором. Затем загружают чушковый алюминий, лигатуру. После расплавления металлы нагревают до 800–820 °С, модифицируют, засыпая на поверхность металла смесь, состоящую из 65% фтористого натрия и 35% поваренной соли, в количестве 2% от массы металла.

В процессе плавки выделяются пыль, оксиды углерода и азота, а также другие газообразные компоненты, состав которых зависит от марки выплавляемого металла и применяемых флюсов. В табл. 25 приведены данные значений удельных и валовых выделений вредных веществ при плавке цветных металлов и сплавов по данным натурных измерений, проведенных СПКИ на заводах отрасли.

Заливку форм алюминиевым расплавом производят различными способами, в зависимости от развеса отливок, состава сплава. Заливки бывают: свободные; на центробежных машинах, когда металл заполняет форму и уплотняется при затвердевании под действием центробежной силы, развивающейся в форме при ее вращении; при разрезении, когда металл заполняет форму под действием атмосферного давления при образовании в форме разрезения.

Отделение цеха для заливки форм оборудуется вентиляцией. Отливки из форм выбивают обычно на месте заливки с помощью пневматического подвесного вибратора и коромысел. Для удаления стержней в зависимости от их состояния и размеров используют вибрационные

Таблица 25

Удельные и валовые выделения вредных веществ при плавке цветных металлов и сплавов /14/

|      |                             | Тип и марка печи                      |                         |   |  |                     |             |
|------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---|--|---------------------|-------------|
| Пыль | Индукционные                | ИАТ-2,5                               | ИАТ-6                   | Газовая отражательная   | Тигельная  | Печь сопротивления  |             |
|      | ИАТ-1М                      |                                       |                         | ВНИИТ-МАШ   | САТ-2,5  | САН-2,5             |             |
|      |                             | Тип сплава/ состава для рафинирования |                         |   |  |                     |             |
|      | АЛ9, АК7/<br>хлористый цинк | АК6/<br>гексахлорэтан                 | АЛ10В/<br>гексахлорэтан | АЛ9, АК7/<br>NaCl -54%, KCl -25%,<br>KCl -32%, P <sub>2</sub> S <sub>10</sub> -<br>Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> - 30%,<br>14% | АК-21/<br>CaCl <sub>2</sub> -<br>38%,<br>K <sub>2</sub> TiF <sub>6</sub> -<br>7% | АК6/<br>гексахлоран |             |
|      | <u>г/с</u>                  | <u>0,33</u>                           | <u>0,14</u>             | <u>0,53</u>   | <u>0,14</u>  | <u>0,07</u>         | <u>0,08</u> |
|      | <u>г/кг литья</u>           | <u>2,10</u>                           | <u>0,90</u>             | <u>1,30</u>   | <u>1,08</u>  | <u>1,60</u>         | <u>2,00</u> |

В том числе:

| вещество          | количество   |              |              |              | г/с          |              |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                   | 1            | 2            | 3            | 4            | г/кг         | литья        |
| диоксид алюминия  | <u>0,69</u>  | <u>0,25</u>  | <u>0,058</u> | <u>0,009</u> | <u>0,021</u> | <u>0,021</u> |
|                   | 0,43         | 0,14         | 0,14         | 0,07         | 0,50         | 0,50         |
| диоксид кремния   | <u>0,006</u> | <u>0,003</u> | <u>0,005</u> | <u>0,014</u> | +            | +            |
|                   | 0,04         | 0,014        | 0,01         | 0,10         | +            | +            |
| оксид углерода    | <u>0,19</u>  | <u>0,08</u>  | <u>0,032</u> | <u>0,46</u>  | <u>0,04</u>  | <u>0,04</u>  |
|                   | 1,25         | 0,60         | 0,80         | 3,30         | 1,00         | 1,00         |
| диоксид азота     | <u>0,004</u> | <u>0,014</u> | <u>0,035</u> | <u>0,082</u> | <u>0,014</u> | <u>0,014</u> |
|                   | 0,03         | 0,08         | 0,09         | 0,70         | 0,30         | 0,30         |
| хлористый водород | +            | +            | +            | <u>0,006</u> | <u>0,014</u> | <u>0,014</u> |
|                   | +            | +            | +            | 0,04         | 0,30         | 0,30         |

Окончание табл. 25

| 1                     | 2                    | 3                    | 4                    | 5                    | 6                    | 7                    |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| двуокись<br>серы      | <u>0.021</u><br>0,14 | <u>0.014</u><br>0,08 | <u>0.028</u><br>0,07 | <u>0.028</u><br>0,20 | <u>0.002</u><br>0,05 | <u>0.003</u><br>0,7  |
| сероводород           | <u>0.040</u><br>0,30 | <u>+</u><br>+        | <u>+</u><br>+        | <u>-</u><br>-        | <u>0.014</u><br>0,30 | <u>0.014</u><br>0,30 |
| углеводороды          | <u>0.19</u><br>1,25  | <u>0.26</u><br>1,50  | <u>0.22</u><br>0,50  | <u>-</u><br>-        | <u>-</u><br>-        | <u>-</u><br>-        |
| хлор                  | <u>+</u><br>+        | <u>+</u><br>+        | <u>+</u><br>+        | <u>-</u><br>-        | <u>-</u><br>-        | <u>-</u><br>-        |
| фосфорный<br>ангидрид | <u>+</u><br>+        | <u>+</u><br>+        | <u>+</u><br>+        | <u>+</u><br>+        | <u>0.028</u><br>0,70 | <u>+</u><br>+        |

Примечания. + - измерения не проводились;  
- - вредное вещество отсутствует.

стационарные установки и пневматические инструменты.

После обрезки питателей и прибылей на ленточных пилах проводится окончательная гидropескоструйная очистка литья.

## Глава 2. ТОКСИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ, ЖИДКИХ, ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Загрязнение окружающей среды наряду с ущербом, наносимым здоровью людей, приводит к большим экономическим потерям во всех отраслях народного хозяйства.

Ущерб здоровью населения – наиболее важная составная часть ущерба от загрязнения среды. О его доле можно судить по структуре общего ущерба от загрязнения воздуха на все сферы жизнедеятельности человека, которая была определена советскими и американскими специалистами и показана в табл. 26 /19/.

Таблица 26

Структура ущерба от загрязнения воздуха, % /19/

| Объект ущерба                    | США  | СССР |
|----------------------------------|------|------|
| Здоровье населения               | 37,9 | 36   |
| Коммунальное и бытовое хозяйство | 31,7 | 32   |
| Сельское, лесное хозяйство       | 0,6  | 12   |
| Транспорт, промышленность        | 29,8 | 13   |
| Прочие                           | -    | 7    |

Проявления последствий загрязнения атмосферы могут быть самыми различными. Это токсическое действие многих химических веществ, приводящих к острому или хроническому отравлению организма.

Установление критериев качества воздуха населенных мест (ПДК или стандарты) в разных странах различно и зависит от социально-экономических условий и степени фактического загрязнения. В табл. 27 и 28 представлено сравнение нормативных величин, установленных в США и СССР.

В рабочей зоне литейных цехов обнаружено около 50 вредных веществ, регламентированных санитарными нормами и ГОСТом 12.1.005-78, а в окружающей литейный цех среде — 13 вредных веществ, на которые установлены нормы ПДК /20/.

В 18 странах имеются следующие нормы, ограничивающие содержание пыли и вредных газов в рабочей зоне литейных цехов:

|              |  |
|--------------|--|
| пыль         | - от 0,15 до 10 мг/м <sup>3</sup> (в СССР - 1) |
| формальдегид | - 3 мг/м <sup>3</sup> (в СССР - 0,5),          |
| фурфурол     | - 20 мг/м <sup>3</sup> (в СССР - 10),          |
| оксид        |  |
| углерода     | - 55 мг/м <sup>3</sup> (в СССР - 20),          |
| фенол        | - 19 мг/м <sup>3</sup> (в СССР - 0,3).         |

Анализ данных о нормах и законах по охране окружающей среды показывает, что нормы ПДК в СССР жесткие. В некоторых случаях различия в ПДК очень значительны. Например, по сернистому ангидриду наши ПДК в рабочей зоне в 10 раз, по формальдегиду в 6 раз, по фенолу в 63 раза строже, чем в остальных странах. В то же время по некоторым вредным веществам, обнаруживаемым в литейном производстве, в СССР отсутствуют ПДК, хотя таковые есть в некоторых капиталистических странах. В 20 странах имеются предписания общего вида для стоков воды и в 15 странах — по уничтожению отвалов.

Таблица 27

## Первичные стандартные качества воздуха, принятые в США /19/

| Вещества                   | Стандарты         |                           | Показатели порого-<br>вых величин, на<br>которых основаны<br>стандарты    | порог             |                 |
|----------------------------|-------------------|---------------------------|---|-------------------|-----------------|
|                            | мг/м <sup>3</sup> | среднее<br>за пери-<br>од |   | мг/м <sup>3</sup> | экспо-<br>зиция |
| Сернистый газ              | 0,365             | Сутки                     | Повышение смерт-<br>ности, обострение<br>заболеваний орга-<br>нов дыхания | 0,3-0,4           | Сутки           |
|                            | 0,08              | Год                       |   | 0,09              | Год             |
| Сумма взвешенных<br>частиц | 0,260             | Сутки                     | Повышение смерт-<br>ности<br>Обострение хрони-<br>ческих бронхитов        | 0,07-0,25         | Сутки           |
|                            | 0,075             | Год                       |   |                   |                 |
| Диоксид азота              | 0,1               | -"-                       | Обострение болез-<br>ней органов дыха-<br>ния                             | 0,141             | Год             |
| Оксид углерода             | 40,0              | 1 ч                       | Снижение трудо-<br>способности  | 73,0              | 1 с             |
| Оксиданты                  | 10,0              | 8 ч                       | То же<br>Снижение сопро-<br>тивляемости к<br>легочным инфек-<br>циям      | 23,0              | 8 ч             |
|                            | 0,16              | 1 ч                       |   |                   |                 |

Таблица 28

Принятые в СССР ПДК загрязняющих веществ  
в атмосферном воздухе /20/

| Вещество         | Концентрация, мг/м <sup>3</sup> | Средняя за период |
|------------------|---------------------------------|-------------------|
| Сернистый газ    | 0,5                             | 20 мин            |
|                  | 0,05                            | Сутки             |
| Пыль неокисичная | 0,5                             | 20 мин            |
|                  | 0,15                            | Сутки             |
| Двуоксид азота   | 0,085                           | 20 мин            |
|                  | 0,085                           | Сутки             |
| Оксид углерода   | 3,0                             | 20 мин            |
|                  | 1,0                             | Сутки             |



## 2.1. Газообразные вредные вещества. Пыль

Литейное производство связано с выделением больших количеств пыли, вредных газов. Так, при выплавке 1 т чугуна из вагранки выбрасывается  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  газов с концентрацией CO – до 25% и 10–25 кг пыли.

Меньше загрязняют атмосферу электродуговые печи, при работе которых выделения газов достигают  $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а вынос пыли 2,3–3,6 кг/ч на 1 т стали /21/.

Исследования, проведенные Запорожским НИИЮГАЗ, показали, что в пыли от работы оборудования литейных цехов содержится диоксида кремния, %:

- от бегунов формовочной смеси – 65–90,
- бегунов стержневых смесей – 90–95,
- выбивных решеток – 78–90,
- галтовочных барабанов – 83–90,
- дробеструйных барабанов и камер – 26–70,
- вагранок -- 20–55,
- электросталепечей – 27–40 /7/.

Пыль по своим физико-химическим свойствам относится к аэрозолям, т. е. таким дисперсным системам, в которых дисперсной средой является воздух, а дисперсной фазой – твердое или жидкое вещество. По способу образования различают аэрозоли, возникающие при механическом измельчении вещества – аэрозоли дезинтеграции, и образующиеся при термических процессах – аэрозоли конденсации.

Основными источниками выделения аэрозоля дезинтеграции в литейных цехах при литье в песчаные формы служат операции обрубки, очистки литья, выбивки стержней и пр. Количество пыли в зоне дыхания работающих может во много раз превышать предельно допустимые концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.

В состав аэрозоля входит до 30% кристаллического диоксида кремния.

Наиболее агрессивный аэрозоль образуется при обрубке стального литья, так как в результате термического воздействия выделяются кристобаллит и тримидит, обладающие наиболее выраженным пневмокониотическим действием.

Пыль в организм поступает через органы дыхания, где она и задерживается. Наиболее вредна пыль с диаметром частиц менее 5 мкм, так как в организме ее оседает 70–80%. Под влиянием пыли развивается серьезное профессиональное заболевание – пневмокониоз (наиболее тяжкая форма – силикоз). При пневмокониозе наблюдается не только тяжелые изменения в легких, но и одновременно развиваются значительные нарушения в нервной и сердечно-сосудистой системах, в кишечно-желудочном тракте и других органах /22/.

Промышленная пыль приводит к развитию профессиональных бронхитов (особенно сварочный аэрозоль), пневмонии, бронхиальной астмы, вызывает поражения слизистых глаз (конъюнктивиты), описаны случаи канцерогенного действия асбестовой пыли, сажи /22/.

Во время плавки и заливки металлов в рабочей зоне обнаруживаются аэрозоли конденсации – пары фенола, формальдегида, углеводороды, угарный газ, оксиды серы и азота и другие компоненты.

### 2.1.1. Воздействия составляющих газообразных веществ на здоровье человека

Оксид углерода (угарный газ) – продукт неполного сгорания топлива. Он легко вступает с гемоглобином крови в соединение. В результате снижается обеспеченность тканей кислородом, возникает гипоксия, нарушаются ферментативные процессы, страдает углеводный обмен организма, угнетается тканевое дыхание и нарушается функ-

циональное состояние центральной нервной системы /23/

Первичные симптомы отравления (головная боль) возникают при концентрациях 200-220 мг/м<sup>3</sup> при 2-3 часовом воздействии. При повышенных концентрациях появляется ощущение "пульса в висках", головокружение.

Сернистый ангидрид (диоксид серы) поступает в воздух вследствие сжигания топлива, плавки металла и т. д. Раздражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз. Хроническое воздействие сернистого ангидрида приводит к возникновению бронхитов, нередко с астматическими явлениями, и других респираторных заболеваний. Этот загрязнитель воздуха может нарушать углеводно-белковый обмен, снижать сопротивляемость организма к возбудителям инфекционных заболеваний /24/.

Выбросы сернистого ангидрида распространяются на значительные расстояния от источника (до 10 км). При концентрации около 50 мг/м<sup>3</sup>, соединяясь с влагой, он образует сернистую, а затем серную кислоту.

Оксиды азота в атмосфере, в основном, находятся в виде диоксида азота – газа желто-бурого цвета. Во влажном воздухе часть оксидов азота образует азотную кислоту.

При воздействии малых концентраций у человека возникает ощущение специфического запаха, раздражение во рту и зеве, нарушение зрения. Есть данные о неблагоприятном влиянии оксидов азота на здоровье детей, проживающих в зонах загрязнения; повышается заболеваемость верхних дыхательных путей /23/.

Углеводороды. В состав углеводородов входят десятки соединений: парафины, олефины, ацетилены, ароматические углеводороды и др. Они раздражают дыхательные пути, появляются тошнота, головокружение, расстройство дыхания и кровообращения.

Альдегиды представлены формальдегидом, акролеином, ацетальдегидом.

В малых концентрациях они раздражают органы зрения и обоняния и действуют как наркотик на центральную нервную систему.

Фенолы могут поступать в организм через незащищенную кожу и дыхательные пути, легкие. Они относятся к наркотическим ядам, действующим на центральную нервную систему и обладают местным раздражающим действием. Отравление происходит при концентрации фенола в воздухе 8-15 мг/м<sup>3</sup>.

Водород фтористый сильно раздражает верхние дыхательные пути, при концентрации 0,40-0,43 мг/л после 6-10-минутного пребывания наблюдались случаи отравления /25/.

Водород хлористый при концентрации 0,05-0,75 мг/л вызывает раздражение слизистых, охриплость, чувство удушья.

Оба вида водорода выделяются при плавке алюминия. Поступают в организм через дыхательные пути и полностью задерживаются /25/.

Фурфурол появляется в воздушной среде при применении в литейных цехах смол, различных смесей. Порог восприятия человеком 0,001-0,015 мг/л. При 3 мг/л раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, вызывает головную боль. В больших дозах - нервный яд, вызывающий судороги и параличи /25/

Метанол - простейший спирт, действующий на нервную и сосудистую систему. Попадание внутрь человека 5-10 мл метанола приводит к отравлению и слепоте.

Аммиак - газ с удушливым запахом и едким вкусом. При концентрации больше допустимой (0,02 мг/л) оказывает удушающее действие.

Оксиды марганца. Процессы плавки металла в электропечах, сварка и огневая резка сопровождаются выделением запыленных горячих газов, одним из составляющих которых является аэрозоль марганца. Марганцевая пыль распространяется на расстояние свыше 3 км от завода /23/.

Марганец как микроэлемент широко распространен в природе. Он считается профессиональным ядом – при длительном вдыхании оксидов марганца развиваются заболевания нервной системы. Способен накапливаться в организме. Среднесуточная предельно допустимая концентрация марганца  $0,001 \text{ мг/м}^3$ .

Характеризуя ущерб, наносимый загрязнениями человеку, следует иметь в виду совместное воздействие разных отходов производства, которое гораздо вреднее, поэтому рекомендуется учитывать суммарное действие всех веществ в выбросах, поступающих от легких производств /23/, технология которых раскрыта в гл. 1.

### 2.1.2. Канцерогенность вредных веществ, загрязняющих атмосферу

Среди промышленных пылей особое место занимает так называемые смешанные пыли, к которым относятся пыли формовочных масс, содержащих наряду с диоксидом кремния другие фиброгенные компоненты – уголь, оксиды железа, марганца и других металлов. Фиброгенность таких пылей представляет опасность для здоровья работающих /21/.

В промышленных городах с высоким загрязнением атмосферы не только канцерогенными, но и разнообразными токсическими веществами отмечено увеличение заболеваемости раком легких /23/. Эксперименты показали канцерогенное воздействие некоторых суммарных концентраций токсичных веществ на активизацию развития злокачественного процесса.

В качестве примера синергического эффекта или изменения конечного воздействия в результате независимого влияния нескольких вредных веществ, загрязняющих атмосферу в литейном производстве, можно привести загрязнение диоксидом азота со смолоподобными веществами, приводящее к обострению рака легких. Легочные заболевания встречаются чаще, если атмосфера загрязнена диоксидом серы в сочетании с пылевыми выбросами.

Мелкодисперсные частицы сами адсорбируют бензапирены и заносят вглубь легких, где, оставаясь длительное время, могут привести к возникновению рака /26/. Такое же действие вызывает асбестовая пыль, которая кроме того, усиливает вредное действие диоксида серы /19/

### 2.1.3. Влияние газов на растения

Вредные вещества литейного производства, попадая в окружающую среду, представляют угрозу окружающей природе. Так, диоксид серы, окисляясь, превращается в серноокислый туман, который вызывает поражение листьев и замедление роста растений /27/. Листья сначала покрываются бурными пятнами, а потом засыхают. Загрязнение окружающей среды промышленными выбросами сказывается на урожайности сельхозкультур и продуктивности животных.

Диоксид серы, соединяясь с влагой воздуха, образует кислоту и может выпадать в осадки. Кислые осадки отрицательно влияют на водные экосистемы. В районах, где они постоянно выпадают, задерживается рост деревьев и сельхозкультур. Превышение норм пороговых концентраций на расстоянии 2-3 км от завода ведет к снижению урожайности трав на 20-30%, ржи на 15, пшеницы на 15-20, ячменя на 25, картофеля на 45-50, свеклы на 20%. Большое количество серы в растительном корме приводит к снижению удоя на 10-15%, привеса на 15-20% /28/.

## 2.2. Влияние жидких отходов на окружающую природу

Литейное производство потребляет большое количество воды — для приготовления формовочных смесей, жидкого стекла, орошения циклонов, охлаждения оборудования, закалки, промывки травленых деталей и т. д. На производство 1 т стали и чугуна расходуется 15-20 м<sup>3</sup> воды.

Широкое использование воды для охлаждения печей, генераторов, различных тепловых, закалочных и кристаллизационных установок приводит к повышению температуры сточных вод. В результате гидросфера подвергается интенсивному тепловому загрязнению. Это вызывает изменения существующего равновесия биологического режима водоемов и прибрежных участков земли. Происходит отмирание одних видов животных и растений или неконтролируемое размножение других, зачастую вредных видов растений и микроорганизмов /28/. Отмечено многократное повышение токсичности вредных веществ в подогретой воде /29/.

Из попадающих в водоемы отходов литейного производства наибольшую опасность представляют примеси химических веществ. Весьма токсичны тяжелые металлы /свинец, хром, кадмий и др./ и их соединения, попадающие со сточными водами в водоемы, почву, затем в пищу, питьевую воду. В сточных водах присутствуют спиртовые компоненты, отходы крепителей, эфиральдегидные фракции, щелочные и кислотные отходы. Пагубно влияя на дыхательные системы водных организмов, эти элементы вызывают их гибель.

Литейные производственные стоки содержат фенолы, появляющиеся от связующих и сгорания топлива. Наряду с токсичностью и возможностью связывать кислород, фенолы представляют опасность для питьевого водоснаб-

жения /привкус карболовой кислоты/, а в концентрации 3-5 мг/л смертельны для рыб /30/.

Органические взвеси сточных вод, разлагаясь, потребляют кислород, растворенный в воде. Вода становится непригодной для жизни, в ней начинают преобладать анаэробные процессы, которые ведут к повторному загрязнению.

Взвешенные твердые частицы способствуют образованию стабильных водных суспензий, при этом ухудшается прозрачность и внешний вид воды, снижается активность фотосинтеза водных растений /31/.

### 2.3. Влияние твердых отходов на окружающую среду

Литейное производство сопровождается образованием значительного количества твердых отходов. Твердые отходы образуют ограниченную номенклатуру:

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Стале- и чугунолитейные предприятия | окалина на огнеупорах<br>формовочный песок<br>пыль от сухих фильтров<br>литейный шлак кусковой<br>гранулят<br>шламы от мокрого обеспыливания |
|-------------------------------------|--|

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Алюминиевое производство | шламы от промывки газов<br>пыль из фильтров<br>формовочный песок<br>солевые шлаки |
|--------------------------|---|

Отходы можно подразделить на 3 основные категории:  
практически инертные



содержащие окисляемые легкоразлагающиеся органические вещества;  
содержащие слаботоксичные малорастворимые в воде органические вещества.

К первой категории относятся отработанные формовочные смеси, где в качестве связующего используются глина, бентонит, фосфаты железа и отсутствуют добавки и катализаторы, содержащие соединения хрома и других токсичных металлов. Содержание вредных веществ и микроорганизмов в таких отходах находится на уровне содержания их в почве.

Ко второй категории относятся песчано-смоляные смеси, прошедшие заливку и отверждаемые органическими катализаторами, фосфорной кислотой или хлорным железом. Вредные вещества (фенол, формальдегид, аммиак, спирты) составляют менее 100 мг/кг отходов и могут разлагаться под действием внешних факторов (кислорода, озона, солнечного света) и микроорганизмов, населяющих почву.

Третья категория включает отработанные песчано-смоляные (неотожженные) и жидкостекольные смеси, содержащие соединения меди, хрома и других экологически опасных элементов, шлаки цветной металлургии, пылевидные отходы от установок регенерации песков и пылеулавливающей аппаратуры /32/.

90% твердых литейных отходов состоят из отработанных формовочных и стержневых смесей. 95% этих отходов поступают в отвалы, что ведет к вторичному пылению и внесению в почву вредных веществ. Вид загрязнений, встречающихся в отвальной массе, определяется материалами, входящими в состав формовочных и стержневых смесей. Например, формовочные самоотвердеющие массы в результате вымывания атмосферными осадками образуют среды с щелочной реакцией из-за растворения жидкого стекла, кроме того вымываются токсичные ве-

шества (фенолы, формальдегид). Смеси со смолистыми вяжущими веществами отличаются кислыми реакциями, в них присутствуют азот в виде органических соединений, фенолы.

Вредное воздействие отвальных масс на окружающую среду, особенно почвы и воды, может происходить вследствие переноса химических веществ, вымываемых атмосферными осадками. Щелочная и кислая реакции отвальных масс отрицательно влияют на свойства почв и воды, нарушают биологическое равновесие /33/.

Солевые шлаки алюминиевого производства хорошо растворяются в воде и загрязняют почву и грунтовые воды.

Большое количество кислых шлаков в виде стекловидных коржей вывозят в отвалы. Структура кислых литейных шлаков неустойчива. Со временем куски шлаков растрескиваются, а часть их рассыпается в порошок. Частицы диаметром 0,1-100 мм становятся источником повторного загрязнения атмосферы.

Небрежное складирование твердых отходов приводит к загрязнению почвы неорганическими и органическими соединениями. Длительное поступление значительного количества микроэлементов в почву может в отдельных случаях создать локальный геохимический фон /34/.

Исследования ВНИИ охраны труда (г. Свердловск) показали, что основная часть отходов литейного производства относится к 4-му классу опасности (табл. 29). Такие отходы при условии соответствующего складирования и последующей рекультивации не должны наносить серьезного ущерба для окружающей среды.

Серьезным ущербом является само существование отвалов. Пыль, уносимая с них ветром, загрязняет окружающую среду. С целью последующего использования нарушенных земель в народном хозяйстве необходима рекультивация отвалов. Категория опасности отходов, в основном, связана с пригодностью их к рекультивации, это обусловлено также тем, что количество отходов литейного

## Оценка категории опасности отходов легкого производства /32/

| Характеристика по виду загрязнения           | Группа пригодности к рекультивации | Отходы  | pH      | Химический состав водной вытяжки |                            |                           |
|--|------------------------------------|---|---------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
|  |                                    |   |         | сумма токсичных солей, %         | ХПК, мг O <sub>2</sub> /кг | Токсичные элементы, мг/кг |
| 1  | 2                                  | 3   | 4       | 5                                | 6                          | 7                         |
| Практически инертные                         | Малопригодные                      | Отработанные формовочные и стержневые смеси на основе глины, бентонита                      |         |                                  |                            |                           |
|  |                                    | Отложенные песчано-смоляные, шлаки черных металлов, керамика, огнеупоры, строительный мусор | 5,5-8,4 | 0-0,4                            | До 300                     | До 1,0                    |
| Биологически окисляемые, легко разлагающиеся | Малопригодные                      | Брак форм и стержней и неотоложенные песчано-смоляные смеси                                 | 3,5-5   |                                  |                            |                           |
|  |                                    |   | 8,4-9,0 | 0,4-0,8                          | До 4000                    | До 1,0                    |

## Окончание табл. 29

| 1  | 2           | 3   | 4       | 5   | 6    | 7       |
|--|-------------|---|---------|-----|------|---------|
| Слаботоксичные, малорастворимые вещества | Непригодные | Сработанные формовочные жидкостекольные и песчано-смоляные смеси, отверждаемые соединениями токсичных элементов | До 3,5  | 0,8 | 4000 | До 10,0 |
|  |             | Шлаки цветных металлов, пыль от установок   | Свыше 9 |     |      |         |

производства во много раз превышает количество других промышленных отходов и сравнимо с отходами горнодобывающей промышленности.

### Глава 3. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ, УЛАВЛИВАНИЕ, РЕКУПЕРАЦИЯ ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Основным средством борьбы с вредными выбросами была разработка систем пылегазоочистки и водоочистных сооружений.

#### 3.1. Очистка отходящих газов

Очистка газов от загрязнений — эффективный метод обезвреживания отходящих газов. Многочисленные методы очистки можно разделить на две группы — каталитические и некаталитические. В первой группе газы выделяются из систем и превращаются в другие вещества, остающиеся в газовой смеси, во второй — примеси выводятся из газовой смеси путем конденсации или поглощения жидкими или твердыми поглотителями.

Выбор метода зависит от концентрации извлекаемого компонента в отходящих газах, объема и температуры.

Некаталитические методы широко применяют для очистки газов от оксидов углерода, азота, серы, углекислого газа, сероводорода. Сущность их заключается в поглощении удаляемых компонентов жидкими поглотителями: растворами минеральных и органических веществ, суспензиями и органическими жидкостями. Особо вредное влияние на окружающую среду оказывает диоксид серы, проблема очистки от которого наиболее сложна.

Очистка газов от диоксида серы ведется преимущественно некаталитическими методами на основе извест-

или известняка: 1 кг известняка поглощает от 0,4 до 0,6 кг  $\text{SO}_2$  /29/. Абсорбция диоксида серы может производиться сульфитом натрия, применяются методы взаимодействия с суспензией оксида магния, оксида цинка.

Для очистки от оксида азота используют раствор щелочей,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  и другие вещества, разлагающие оксиды до свободного азота.

Оксид углерода улавливают из газов аммиачными растворами одновалентной муравьинокислой и уголекислой меди. Процесс абсорбции газов проводят в пленочных, насадочных, тарельчатых и других аппаратах.

Каталитические методы связаны с химическими превращениями токсичных компонентов в нетоксичные на поверхности катализаторов. Очистке подвергаются газы, не содержащие пыли и катализаторных ядов. На практике широко распространено каталитическое разложение оксидов азота.

Сущность способа заключается в том, что оксиды азота восстанавливаются газом—восстановителем /водород, метан, оксид углерода и др./ в присутствии катализаторов / различные металлы, нанесенные на огнеупорные материалы/.

Гидрированием оксида углерода на катализаторах можно полностью удалить  $\text{CO}$  из газов /с использованием никелевых и железных катализаторов/.

Оксиды серы окисляют в присутствии пятиоксида ванадия при температуре 450–480 °С.

Производство алюминия из вторичного сырья, содержащего, как правило, примеси органического и неорганического происхождения, сопровождается выбросами значительных количеств вредных газообразных отходов.

В ФРГ разработан проект очистки отходящих газов по способу сухой сорбции с применением гидроксида кальция в качестве сорбента в сочетании с фильтрами. Для удаления вредных органических примесей использова-

ны установки дожигания. Испытание показало, что газообразные отходы, образующиеся на традиционных установках для переплавки алюминия, можно почти полностью очистить от пыли и вредных веществ /35/.

### 3.2 Очистка от пыли и ее утилизация

Известно, что изготовление 1 т отливок сопровождается выделением 75–100 кг пыли, т. е. 1% перерабатываемой формовочной смеси /36/.

Работа пылеулавливающих аппаратов основана на использовании различных механизмов осаждения частиц: гравитационном под действием силы тяжести при прохождении пыли через аппарат; под действием центробежной силы, инерционном, диффузионном /осаждение мелких частиц на поверхности обтекаемых тел или стенок аппарата/, электрическом, осуществляющемся в результате ионизации газа, при котором частицы заряжаются и оседают на электродах.

Для улавливания пыли применяют установки сухой, мокрой и электрической очистки (рис. 3). Основной критерий выбора типа оборудования – степень очистки, зависящая от свойств пыли и параметров газового потока.

Более сложна очистка газов, содержащих влагу. Тканевые фильтры из-за образования корки грязи на поверхности осаждения могут выйти из строя, нормальная работа циклонов и электрофильтров при этом часто нарушается.

Газы с температурой до 450 °С очищают в циклонах из стали, а с футеровкой – до 1400 °С.

Мокрую очистку применяют для газов, содержащих горючие и ядовитые примеси. Мокрые пылеуловители обладают рядом преимуществ: это высокая эффективность, возможность обеспыливания высокотемпературных газов, взрыво- и пожароопасных сред. С помощью аппаратов мокрого действия можно одновременно решить задачи пы-

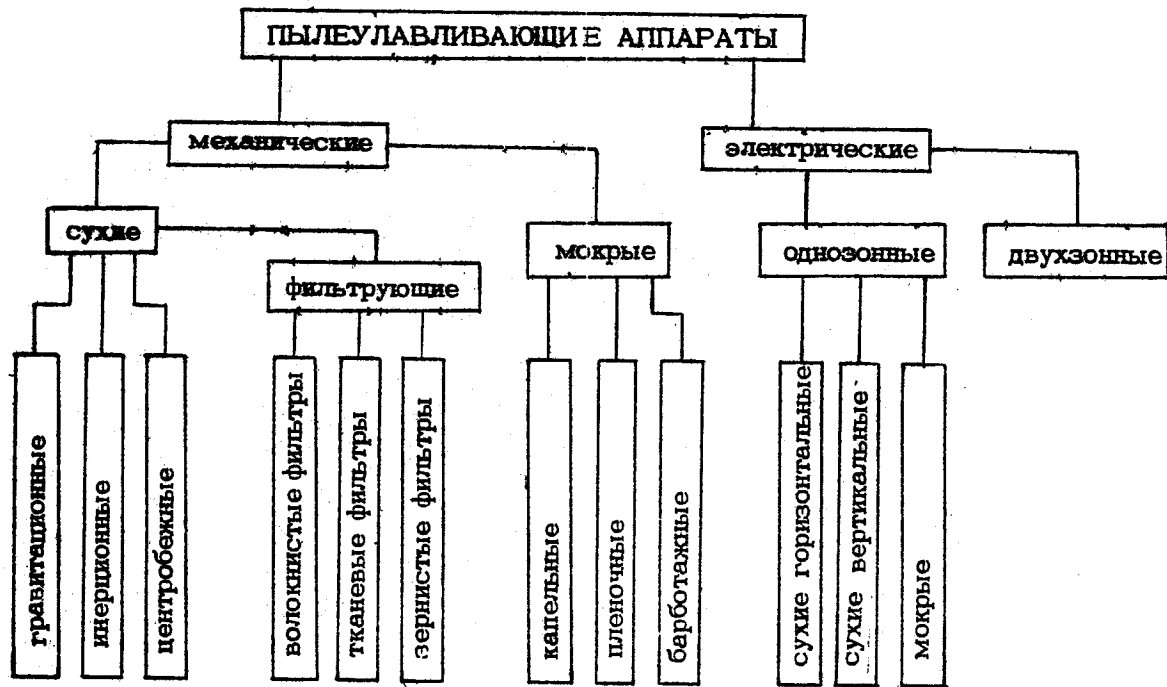


Рис. 3. Классификация конструкций аппаратов для пылеулавливания /36/



леулавливания и очистки газов от газообразных компонентов, охлаждения и увлажнения воздуха.

Использование мокрых аппаратов требует наличия систем шламоудаления и оборотного водоснабжения. Процессы утилизации уловленной пыли в виде шлама в большинстве случаев дороже процессов вторичного использования пыли, уловленной в сухом виде.

К мокрым аппаратам центробежного действия относятся циклон с водяной пленкой ПВМ, газопромыватель СИОТ, скруббер ВТИ и др. (рис. 4) /21/.

Запыленные газы поступают в газопромыватель через отверстие в боковой стенке. Уровень воды в среднем отсеке пылеулавливателя между двумя перегородками 2 устанавливается ниже, чем за перегородками 3. В результате между поверхностью воды и каждой перегородкой 2 образуется щель, через которую газовый поток устремляется с большой скоростью в виде плоской струи, частично увлекая за собой воду. Встречая на своем пути перегородку 3, струя отклоняется вверх, причем на поверхность перегородки из струи сепарируются частицы пыли.

Вода, увлеченная газовым потоком, перетекает вверх по перегородке 3, отклоняется водоотстойником и сливается в газовый отсек. Газы проходят через каплеулавливатель и выбрасываются наружу вентилятором.

На рис. 5 представлены схемы скрубберных газопромывателей центробежного типа по своей конструкции делящиеся на 2 типа: в первом вращательное движение пылегазовому потоку придается за счет тангенциального подвода потока, а во втором закручивателем служит центральное лопастное устройство.

При множестве конструкций газопромывателей в СССР наиболее распространены центробежные скрубберы с тангенциальным подводом газопылевого потока с пленочным орошением, создаваемым форсунками, типа цик-

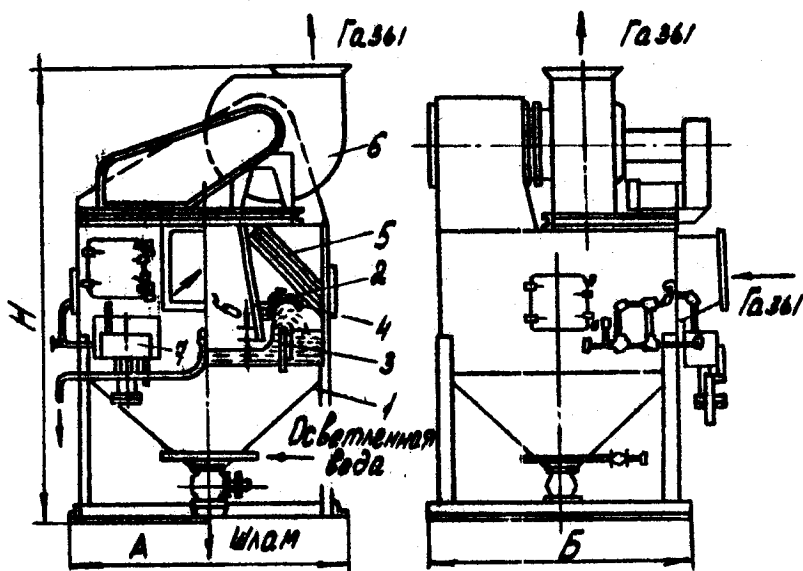


Рис. 4. Аппарат-газопромыватель типа ПВМ /21/:

1 - корпус; 2,3 - перегородки; 4 - водоотбойник; 5 - каплеуловитель; 6 - вентилятор; 7 - регулятор уровня жидкости.

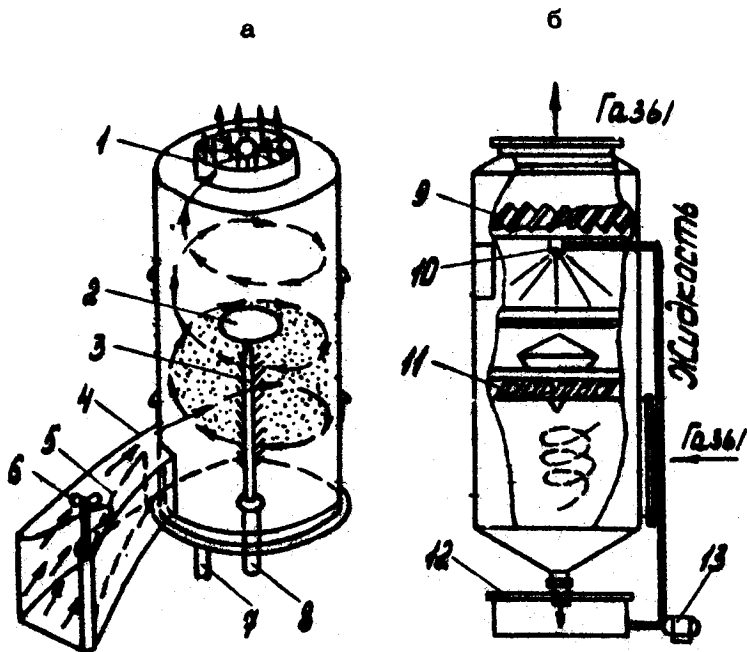


Рис. 5. Центробежные скрубберы с центральным подводом орошения (а) и внутренними завихрителями (б) /21/ :

- 1 - лопатки для выравнивания потока;
- 2 - центральный диск; 3 - система орошения; 4 - устройство для ввода газов; 5 - вращающаяся заслонка на входе; 6 - шток;
- 7 - выходное отверстие для шлама; 8 - входное отверстие для орошающей жидкости; 9 - раскручиватель для выравнивания потока;
- 10 - ороситель; 11 - завихритель; 12 - сосуд для сбора жидкости; 13 - насос.

лонов с водяной пленкой (ЦВП). ЦВП предназначены для очистки запыленного воздуха от любых видов нецементирующей пыли.

На рис. 6 представлена схема циклона с водяной пленкой, работающего по схеме: по внутренней поверхности стенки циклона непрерывно стекает пленка воды, которая тангенциально вводится в аппарат через ряд трубок, расположенных в его верхней части.

Из сухих пылеулавливателей чаще всего используют центробежные аппараты-циклоны, одиночные типа УКТИ, батарейные, цилиндрические НИИОГАЗ, конические НИИОГАЗ, конические СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М /25/.

Циклонные аппараты вследствие простоты устройства и эксплуатации - наиболее распространенные типы механического пылеулавливателя. Работа их основана на использовании центробежных сил, возникающих при вращении газопылевого потока, отбрасывающего частицы пыли к стенкам циклона.

В СССР применяются более двух десятков циклонов. Широко распространены циклоны конструкции НИИОГАЗ (рис. 7). На рис. 8 изображен циклон, предназначенный для улавливания пыли, обладающей повышенной абразивностью и высокой слипаемостью. Циклоны типа ЦН относятся к высокоэффективным.

Для очистки газов от такого вида трудноулавливаемого продукта как сажа, в НИИОГАЗ разработаны циклоны типа СК-ЦН-34 (рис. 9). Они характеризуются большей, чем обычные циклоны, эффективностью, достигаемой за счет увеличения гидравлических потерь в результате сужения входного и выходного отверстий.

Анализ работы нескольких десятков циклонов различных типов показал, что их эффективность меняется от 33 до 98% /7/. Характеристики пылеулавливающих установок литейных цехов приведены в табл. 30.

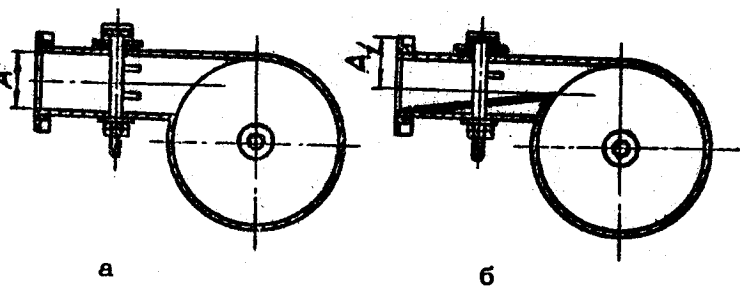


Рис. 6. Циклон с водяной пленкой ЦВП /25/ ;  
а - базовая конструкция;  
б - вариант с повышенной скоростью воздуха на входе в циклон

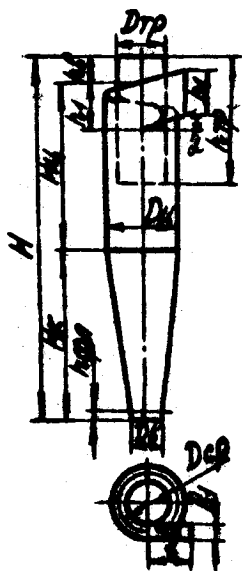


Рис. 7. Цилиндрический циклон конструкции НИИОГАЗ /25/

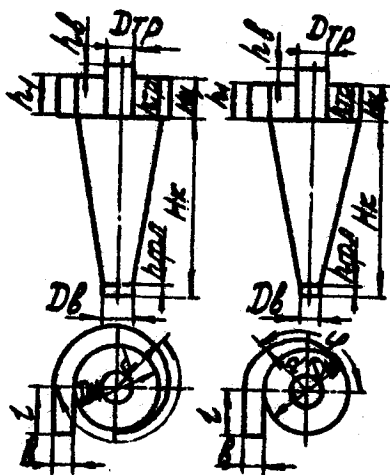


Рис. 8. Спирально-конический циклон ЦН /25/

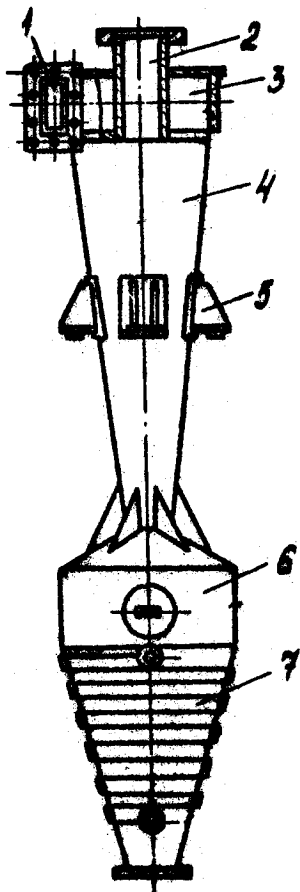


Рис. 9. Циклон типа СК-ЦН-34/25/;  
 1 - входной патрубок; 2 - выходной  
 патрубок; 3 - улитка; 4 - конус;  
 5 - опорные стойки; 6 - бункер; 7 -  
 подогреватель



## Характеристики пылеулавливающих установок литейных цехов /7/

| Источники выбросов                 | Эффективность очистки, % |                                   |                    |                 | Пылеулавливатель с внутренней циркуляцией жидкости |   |
|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--|---|
|                                    | циклоны различных марок  | полный скруббер с водяной пленкой | циклон промыватель | рукавный фильтр | эффективность, %                                   | остаточная запыленность, г/м <sup>3</sup> |
| Вагранки                           | 30-50                    | 20                                | -                  | -               | 90-96  | 0,05-0,1                                  |
| Электродуговые печи цветного литея | -                        | -                                 | -                  | 85-95           | 96   | 0,01-0,02                                 |
| Выбивные решетки                   | 50-80                    | 60-80                             | -                  | 98-99           | 98-99  | 0,02-0,03                                 |
| Бегуны                             | 60-80                    | 60-80                             | 60-80              | -               | -  | -   |
| Дробеметы и камеры                 | 60-90                    | -                                 | -                  | -               | 95-96  | 0,015-0,030                               |
| Галтовочные барабаны               | 70-80                    | -                                 | -                  | -               | 98-99  | 0,015-0,03                                |

Обеспыливание атмосферы цеха проводят ручной или механизированной уборкой. Ручной способ низкопроизводителен ( $80-100 \text{ м}^2/\text{ч}$ ), большое количество пыли возгоняется в воздух цеха. Уборку можно проводить машинами — гидросмывом или вакуумными централизованными пылеуборочными установками (ЦПУ) производительностью  $1000 \text{ м}^2/\text{ч}$ .

Централизованные пылеуборочные установки совершенно не загрязняют воздуха цеха, собирают сухую пыль, которую можно возвратить в технологический процесс /21/.

Для снижения содержания пыли в производственных помещениях используют увлажнение воздуха. На Чебоксарском заводе протракторов вместе с аспирацией внедрено орошение источников пылеобразования /37/.

Существующие системы аспирации дополняются новым устройством пневмогидроорошения (ПГО). В ПГО (рис. 10) водовоздушная смесь, образовавшаяся в эжекторном смесителе 6, подается по трубопроводам 5 с диаметром 20 мм, к местам пылевыведения на узлах перегрузки сырья, где и распыляется средствами орошения. Средства орошения устанавливаются в укрытии перегрузки таким образом, чтобы в зоне пылевыведения орошался максимально возможный объем пылевого облака, а капли воды улавливались движущимся материалом. Состав водовоздушной смеси регулируется вентилями 10 и контролируется по показаниям манометра 9, водомера 13 и расходомера 12. Для предотвращения попадания воды в магистраль сжатого воздуха и наоборот на них устанавливаются обратные клапаны 11.

Расход воды на ПГО незначительный, поэтому одновременное увлажнение формовочной смеси достигает 3%, что соответствует технологическим требованиям. Применение ПГО снизило запыленность у источников пылеобразования с 980 до  $100-110 \text{ мг}/\text{м}^3$ . ПГО применяют и на Саранском литейном заводе "Центролит" /38/.

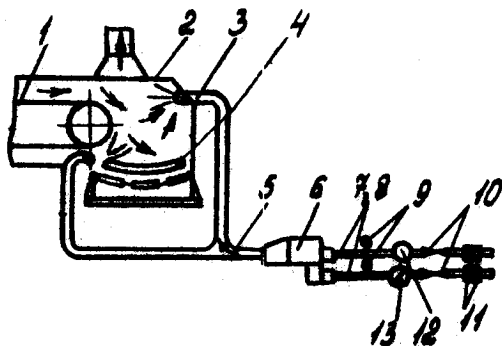


Рис. 10. Устройство пневмогидроорошения /37/ ;  
 1 - подающий конвейер; 2 - покрытие  
 узла перегрузки; 3 - труба распыли-  
 тель; 4 - конвейер; 7-8 - магистрали  
 сжатого воздуха и воды.

Улучшение условий труда работающих связано прежде всего с автоматизацией технологических процессов. Использование автоматических линий позволяет герметизировать источники выделения пыли.

Количественно-качественная характеристика пыли литейного цеха зависит от методов очистки отливок, переработки земли. Состав пыли, уловленной после очистки в галтовочном барабане, мало чем отличается от состава обожженной формовочной смеси, т. е. содержит мало оксидов железа и много глинозема, кремнезема, оксидов кальция и магния. Пыль с успехом может повторно использоваться вместе с возвращенной формовочной смесью.

Пыль, уловленная при очистке воздуха в отделении обработки отливок (дробеметы, наждачные станки), содержит большое количество железа, его оксидов и меньшее оксидов других металлов /39/ (табл. 31).

Таблица 31

Компоненты пыли в отделении обработки отливок, % /39/

| Источники образования пыли | Fe   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | MgO | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> |
|----------------------------|------|--------------------------------|-----|-----|--------------------------------|------------------|
| Дробеметы                  | 25,6 | 45,0                           | 9,4 | 1,8 | 7,9                            | 10,3             |
| Наждачные станки           | 34,5 | -                              | 2,9 | 4,5 | 2,8                            | 55,3             |

Химический анализ пыли от наждачных станков показал, что она может быть использована как сырье для металлургии, однако переработка и транспортировка связаны с интенсивным пылением. Поэтому наиболее эффективно окомкование пыли. Если полученные окатыши обладают прочностью, достаточной для их транспортировки с минимальным разрушением, то проблему утилизации мож-

но считать технически решенной. Исследования показали, что пыль в отделениях очистки отливок обладает необходимыми для окомкования свойствами. Окомкование проводилось в автоклаве в течение 2-5 ч при температуре 180-200 °С и давлением пара 1,0-1,5 МПа /39/.

### 3.3. Утилизация твердых отходов

Вымывание из отвальных масс вредных, особенно для вод, химических веществ вызывает необходимость их складирования в защищенных отвалах. Защита отвалов осуществляется путем их герметизации труднопроницаемыми материалами (битум, угольный шлам и др.).

Полезна укладка среди складированных отходов слоев из материалов окисляющих, сорбционных или каталитических по отношению к вымываемым загрязнениям, с целью снижения их концентраций /33/. Разработаны рекомендации по совместному компостированию бытовых и промышленных отходов. Компост использовали в качестве удобрения. Песчано-смоляные смеси на основе мочевино-формальдегидных смол применяют как долговременное удобрение /40/.

Во ВНИИстроме проведены исследования по комплексному использованию отходов чугунолитейного производства Каширского завода "Центролит" для получения плотного силикатного бетона и изделий из него. Из гранулированного ваграночного шлака и тонкомолотой отработанной формовочной смеси с добавлением извести и гипса в качестве активизаторов путем совместного помола получены высокоактивные вяжущие для производства бетона марок 300 и 400 /40/. Отработанные формовочные и стержневые смеси - хорошее сырье для изготовления стройматериалов: кирпича, силикатного бетона, асфальтобетона для дорожных покрытий, отсыпки полотна железных и шоссейных дорог.

Исследования ВНИИОТ показали, что отходы литейного производства могут быть применены для обработки осадков сточных вод. Разработан способ защиты конструкций от почвенной коррозии с помощью отработанных формовочных смесей.

Бакинский комбинат асбоцементных и керамических изделий, используя свойство формовочной смеси в процессе обжига при 700–800 °С приобретать розовую окраску (вместо черной после выбивки отливок), применяет ее вместо кварцевого песка при производстве плиток для облицовки стен путем добавки 12–17% в массу /41/.

Основные источники отходов плавильных агрегатов литейных цехов – литейные шлаки. В среднем на 1 т металла выход шлака составляет от 10 до 30% массы плавки. Зачастую шлак из электропечей сливается в приямок, оттуда после отверждения извлекается и из-за сложностей в разделке вывозится в отвал. Традиционная технология выплавки углеродистых сталей в электропечах с кислой футеровкой при образовании шлаковых коржей ухудшает условия труда в плавильных отделениях и загрязняет окружающую среду.

Рубцовским ПКТИ "Автокузлитмаш" разработана установка по грануляции шлака /42/.

После разливки металла в формы ковш мостовым краном подается на установку (рис. 11), где закрепляется двумя подвесками на разливочном стенде 1. Перед сливом шлака включают насосную станцию 14, наклонный ковшевой элеватор 6, ленточный конвейер 9, магнитный железоотделитель 8 и вытяжную вентиляцию. В нижней части ковша 3 имеется кольцо для поворота ковша. При сливе шлака ковш поворачивается до 90° электроталью, находящейся на консольном поворотном кране 2. Сливаемая струя шлака дробится струей воды, поступающей из сопла 12, установленного под наклонным желобом 4. Из бака 5 гранулированный шлак подается элеватором 6

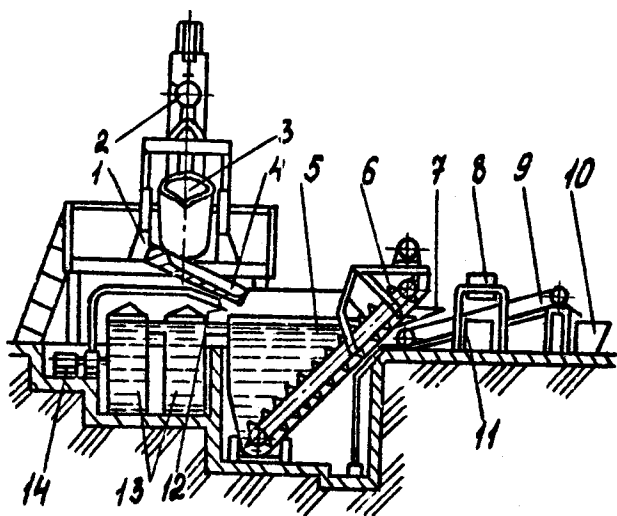


Рис. 11. Схема установки для грануляции  
шлака /42/

через приемную воронку 7 на ленточный конвейер 9. Сепарация гранул металла осуществляется магнитным железозоотделителем 8. Металл поступает в тару 11, шлак - в тару 10.

Установки работают на Рубцовском и Чебоксарском заводах запасных частей.

Лаборатория грунтосиликатов Киевского строительного института разработала технологии производства и применения шлакощелочных вяжущих, бетонов и конструкций из гранулированных шлаков. Применение отходов литейного производства в виде гранулированных шлаков для получения шлакощелочных цементов характерно для ресурсосберегающего безотходного производства. Технологическая линия по изготовлению шлакощелочного вяжущего и бетонов на их основе включает в себя шаровую мельницу для помола шлака до тонины  $2600 \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$  и узла приготовления щелочного компонента с плотностью  $1140-1180 \text{ кг/м}^3$ . Бетоны готовят по обычной технологии и на обычных заполнителях /43/. На Рубцовском заводе тракторных запасных частей на основе технологии КИСИ разработана технология получения шлакощелочных бетонов из кислых шлаков электросталеплавильных печей и щелочных отходов кислородного производства.

### 3.4. Очистка сточных вод и утилизация выбросов

Вода используется в литейных цехах для гидравлической выбивки стержней, транспортировки и промывки формовочной смеси в отделениях регенерации, охлаждения агрегатов грануляции шлаков, гидротранспорта отходов горелой земли и в системе обеспыливающей вентиляции. Образующиеся при выполнении этих операций сточные воды загрязняются глиной, песком, зольными остатками от выгоревшей части стержневой смеси и связующими добавками формовочной смеси. Подсчитано, что при выплавке 1 т стали образуется примерно  $0,1 \text{ м}^3$  сточных вод.



Количество сточных вод от крупных промышленных предприятий достигает 200-300 тыс. м<sup>3</sup>/сут /44/.

Выбор оптимальных технологических схем очистки воды зависит от находящихся в воде примесей и требований, предъявляемых к качеству очистки.

При переработке песчано-глинистых формовочных смесей состав сливных вод вентиляционных систем включает 1,5-4,5 г/л взвешенных веществ, 50-700 мг/л сухого остатка, 300-500 мг/л различных солей, pH 7,6-8,4 /45/; сточных вод газоочисток вагранок и сталепечей - 5-43 г/л взвешенных веществ, 500-3500 мг/л солей, pH 4,0-8,5 /46/.

Основным методом очистки является механическая - безреагентное гравитационное отстаивание в вертикальных и горизонтальных отстойниках, в радиальных сгустителях или прудах-шламонакопителях.

Эффективна очистка стоков литейных цехов в напорных гидроцилиндрах диаметром 150 и 75 мм, работающих последовательно. Вторая ступень очистки включается при концентрации твердой фазы в стоках, выходящих из аппаратов первой ступени, более 400 мг/л.

На рис. 12 представлена схема системы оборотного водоснабжения и шламоудаления газоочисток вагранок и дуговых электросталеплавильных печей.

Загрязненные сточные воды 2 от газоочисток поступают в приемный резервуар 1, оттуда песковым 3 или грунтовыми насосами подаются на очистку в открытый гидроциклон, самотеком поступают в приемный резервуар осветленной воды 6, туда же подается вода на подпитку всей системы. Далее вода центробежными консольными 8 или двухстороннего входа насосами подается в оборотную систему 7, т. е. на газоочистку. Сползающий осадок из конической части гидроцилиндра поступает в распределительную камеру 21 и в сгуститель 20. Уплотненный осадок после сгустителя песковыми насосами 22 подается

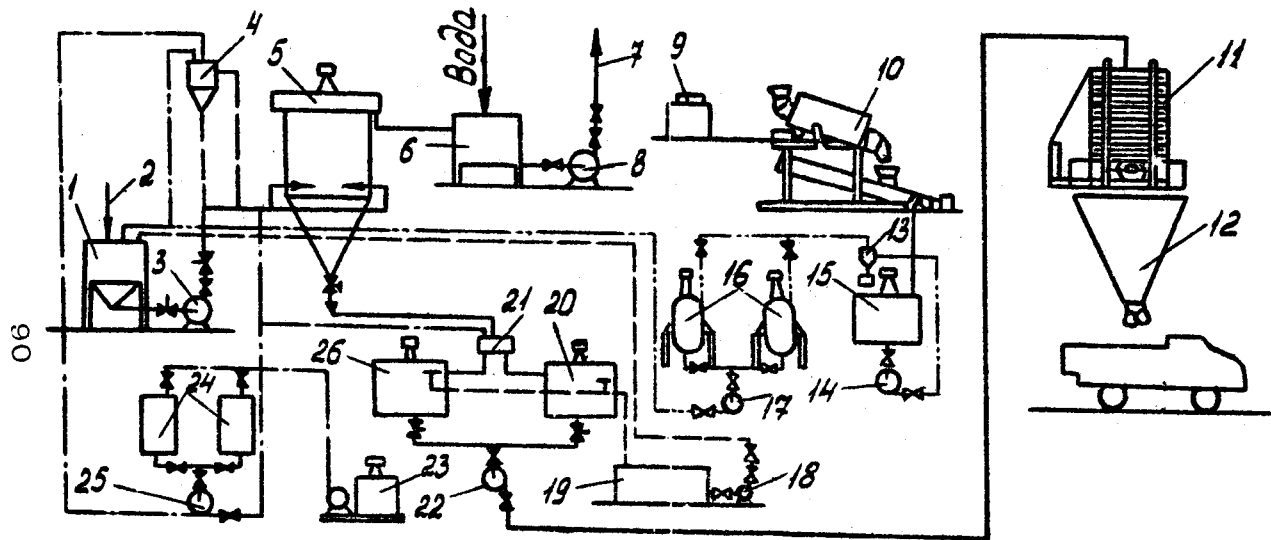


Рис. 12. Принципиальная схема системы оборотного водоснабжения и шлам-удаления газоочисток вагранок и дуговых электросталеплавильных печей /46/

на аппараты обезвоживания (фильтры) 11 или скребковым конвейером в бункер для накопления и обезвоживания. Обезвоженный осадок из бункера-накопителя 12 под собственным весом выгружается.

Осветленная вода из стугителя поступает на очистку от мелкодисперсных взвесей в осветлитель 19 и далее насосом 18 подается в приемный резервуар сточных вод 1, контейнер, и известегаситель с известью 9 и 10 для нейтрализации сточных вод, бак известкового молока 15, из которого насосом 14 она подается в напорный гидrocиклон со шламовой камерой 13 и в расходные баки известкового молока и через дозирующие насосы 17 к месту ввода /46/.

Для очистки воды от мелкодисперсных частиц безреагентные методы неэффективны. Плохое осаждение пыли в воде связано с содержанием в шламе активного бентонита, обладающего коллоидными свойствами. При электрокоагуляционной или флотационной очистках отработанных вод извлекается 99-99,9% веществ. Основой этих методов является коагуляция и флокуляция частиц. В большинстве случаев частицы, находящиеся в литейных стоках, имеют отрицательные заряды. Их коагуляция возможна при добавлении к воде электролитов, дающих катионы (алюминия, железа, кальция и др.).

При флокуляции образуются агрегаты частиц с помощью макромолекулы флокулянта. Наиболее распространен флокулянт полиакриламид (ПАА), имеющий гелеобразную консистенцию с содержанием активного полимера 6-8% /45/.

Перспективны установки для электрохимической очистки стоков, основным элементом которых является электрокоагулятор (рис. 13), снабженный системами растворимых и нерастворимых электродов. Основная часть электрокоагулятора - электродный блок. Коагулянт получается при анодном растворении металлических электродов в воде.

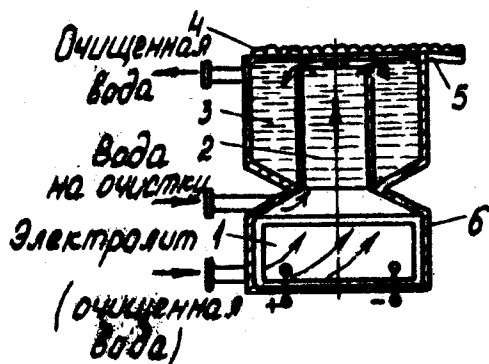


Рис. 13. Конструкция электрокоагулятора: /47/:

1 - растворимые электроды, выполненные из алюминия или железа; 2 - камера перемешивания коагулянта и очищаемой воды; 3 - камера осаждения загрязнений; 4 - пенный слой; 5 - отвод пены; 6 - электродная камера

Гидрооксиды растворенных электродов адсорбируют на своей поверхности примеси очищаемой воды и таким образом обесцвечивают ее. Время коагуляции и полного осаждения - 8-15 ч /47/.

Особую трудность представляют сгущение и выгрузка осаденного шлама. Шлам выгружают самотеком, скребками, гидроэлеватором и др. Обезвоживание шлама осуществляют естественным и механическим способом. Из механических методов применяют вакуум-фильтрование, фильтрование под давлением, отстойное центрифугирование.

Осветленная вода, подаваемая в систему повторно-го использования, должна иметь не более 300 мг/л взвешенных веществ и рН - 8,0-8,5 /46/.

Добавление шламов в формовочную смесь показало, что они могут быть использованы в качестве освежительной композиции.

В процессе электрохимической очистки отливок образуются шламовые щелочные отходы, содержащие до 50% щелочи. Обычно такие стоки нейтрализуют, используя кислоты или травильные стоки. ВНИИтяжмаш разработана технология утилизации щелочных отходов путем их гидролиза с последующим получением жидкого стекла /48/

Образующиеся после очистки отливок по выплавляемым моделям в растворах щелочей стоки содержат 150-200 г/л NaOH, 200-250 г/л Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, 20-40 г/л Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Эти стоки можно использовать для получения шлакощелочного бетона в качестве затвердителя смеси /45/. Применение отходов, образующихся при очистке отливок от остатков керамики в растворе щелочей, экологически безвредно и экономически выгодно.

В США разработан новый экономический процесс обработки фенольных соединений, которые присутствуют в стоках литейных производств (с 31 октября 1983 г. введены в действие правила американского агентства по делам защиты окружающей среды по строгому контролю за содержанием фенолов). Допускаемые уровни содержа-

ния фенолов в США установлены от 10,1 до 5 мг/л, в зависимости от места сброса фенолов. В литейных стоках присутствует от 50 до 150 мг/л фенолов.

Фенольные соединения могут удаляться с помощью методов биологической, химической и физической обработки.

Химический метод разрушения фенолов более экономичен и результативен. Удаление фенольных соединений из промышленных стоков достигается с помощью двуокиси хлора, приготовленной на месте применения в генераторе путем пропускания воды через хлорит натрия. Для разрушения части фенола затрачивается две части диоксида хлора. В качестве окислителей возможно использование перманганата калия, перекиси водорода /49/.

### 3.5. Санитарно-защитные зоны

Значительному рассеиванию вредных веществ и их поглощению способствуют зеленые насаждения. При озеленении территорий промышленных предприятий и их санитарно-защитных зон выбирают древесные, кустарниковые растения (наиболее стойки белая акация и клен ясенелистный). Посадки плотной структуры (полосы или небольшие массивы) снижают газо- и паробразные примеси (сернистый ангидрид, оксид углерода, фенол) на 25—30% /44/.

В санитарно-защитных зонах предприятий, являющихся источниками неорганизованного загрязнения атмосферы пылью, целесообразно создание не менее 4 лесозащитных полос шириной 10—25 м каждая /26/.

## Глава 4. ПРИМЕРЫ ПРОГРЕССИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МАЛООТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проблему охраны окружающей среды в литейном производстве необходимо решать комплексно: внедрение малоотходных и безотходных технологий, применение автоматизации и механизации, использование в производстве малотоксичных материалов, обеспечение всех участков устройствами по удалению и обезвреживанию газовыделений, полное использование материальных и топливно-энергетических ресурсов путем регенерации и утилизации отходов, складирование не утилизируемых отходов.

Особую важность приобретают методы сокращения количества отходящих газов, так как расходы на их очистку прямо пропорциональны этой величине, а также выбросов вредных веществ (оксиды азота, углерода, сернистый натрий и др.).

### 4.1. Вентиляционные системы литейных производств

В работе /20/ обобщен опыт работы Волжского автозавода по улучшению условий труда и защите окружающей среды, включающий в себя решения, характерные для передовых литейных цехов, хорошо известные и достаточно подтвержденные практикой отечественных и зарубежных предприятий.

Проект приточной вентиляции ВАЗа, разработанный Московским Промстройпроектом, предусматривает подачу на каждое рабочее место подогретого чистого воздуха, удаляемого местными отсосами. Проект выполнен фирмой "Стар".

Температура в рабочих зонах 18-22 °С зимой и 20-26 °С летом поддерживается в корпусах приточной вентиляцией. Удаление вредных выделений (пыли и газа) организовано от мест их образования через систему местных отсосов. Весь отсасываемый воздух поступает в скрубберы мокрой очистки типа "Шнейбл", где пыль осажается и направляется в систему шламоудаления, а очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. Степень очистки воздуха от пыли 98-99%. Размер улавливаемых частиц 5 мкм и более.

Кроме местных отсосов, на плавильном участке, где особенно интенсивно образование вредных выделений, в крыше здания устанавливается 24 вентилятора фирмы "Стар", производительностью 100 тыс. м<sup>3</sup>/ч каждый. Всего в чугунолитейный корпус подается около 8 млн м<sup>3</sup>/ч воздуха и столько же удаляется.

Из корпуса алюминиевого литья удаляется 3,5 млн м<sup>3</sup>/ч, поступление воздуха организовано в том же соотношении.

Для сравнения приведены данные по вентиляции в чугунолитейном корпусе завода "ФИАТ" в Крешентино. Выпуск литья завода "ФИАТ" в 2,2 раза превосходит выпуск литья ВАЗом, при этом общая мощность систем составляет 14 млн /м<sup>3</sup>/ч, из которых 8 млн м<sup>3</sup>/ч могут подогреваться.

Удельные показатели:

|   |       |       |
|---|-------|-------|
| объем отсасываемого воздуха                   | ФИАТ  | ВАЗ   |
| на 1 т годных отливок, тыс. м <sup>3</sup> /ч | 280,0 | 356,0 |
| на 1 рабочего, тыс. м <sup>3</sup> /ч         | 7,0   | 6,67  |

Поддержанию чистоты воздушной среды производственных помещений способствует то, что все полы в помещениях металлические и организована их систематическая уборка полоуборочными машинами.

В цехах производства систематически очищаются от пыли металлоконструкции, фермы, окна и крыши.



В корпусах производства имеется мощная система гидрошламоудаления, в которую подают пыль из мокрых фильтров вентиляционных систем и отработанную формовочную и стержневую смесь, выбиваемую из внутренних полостей отливок. Система имеет 2 потока: один замкнутый внутри производства со своими отстойниками, с расходом воды около  $900 \text{ м}^3/\text{ч}$ , другой – с расходом воды  $700 \text{ м}^3/\text{ч}$  для транспортировки отходов за территорию производства в специальные шламонакопители, где вода осветляется до содержания примесей 40–50 мг/л.

В дальнейшем вода поступает в пруд грязных стоков, оттуда в пруд чистых стоков и систему очистных сооружений городской канализации. В систему шламоудаления вода забирается из пруда чистых стоков. Эта система обеспечивает эффективное удаление отходов и практически исключает возможность попадания вредных веществ в окружающую среду.

В работе /50/ представлен опыт проектирования обеспыливающей техники для литейного производства в ГДР (г. Лейпциг) совместно с японской фирмой "Кабота". Спроектирована система комплексного обеспыливания оборудования до определенного качества окружающей среды:

|   |                            |
|---|----------------------------|
| количество твердого вещества, выбрасываемого в атмосферу при высоте заводской трубы | 33 м                       |
| после сухого обеспыливания  | $50 \text{ мг}/\text{м}^3$ |
| после мокрого обеспыливания   | $75 \text{ мг}/\text{м}^3$ |

При этом обеспыливающее оборудование обеспечивает возврат ценной пыли и подготовку потока отходящего воздуха для получения от него возвратного тепла.

Система состоит из установок сухого обеспыливания, мокрого обеспыливания, отсасывания технологических газов, регенерации тепла и ценной пыли (рис. 14, 15)

Установка для мокрого обеспыливания сконструирована из трех центральных частей. Каждая из них содержит 3 или 6 вихревых устройств для мокрого обеспыливания.

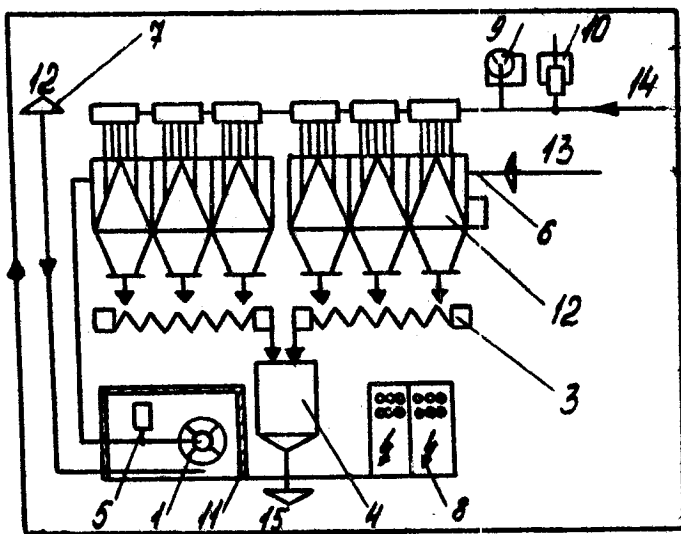


Рис. 14. Установка для сухого обеспыливания /50/;

- 1 - радиальный вентилятор; 2 - тканевый пылеотделитель; 3 - шнековый транспортер; 4 - сборный бак для пыли; 5 - блокирующий клапан; 6 - ввод неочищенного газа; 7 - вывод очищенного газа; 8 - распределительный электрический шкаф; 9 - контактный манометр; 10 - главный электромагнитный клапан; 11 - звукоизоляция; 12 - очищенный газ; 13 - неочищенный газ; 14 - очищенный от масла сухой сжатый воздух; 15 - пыль.

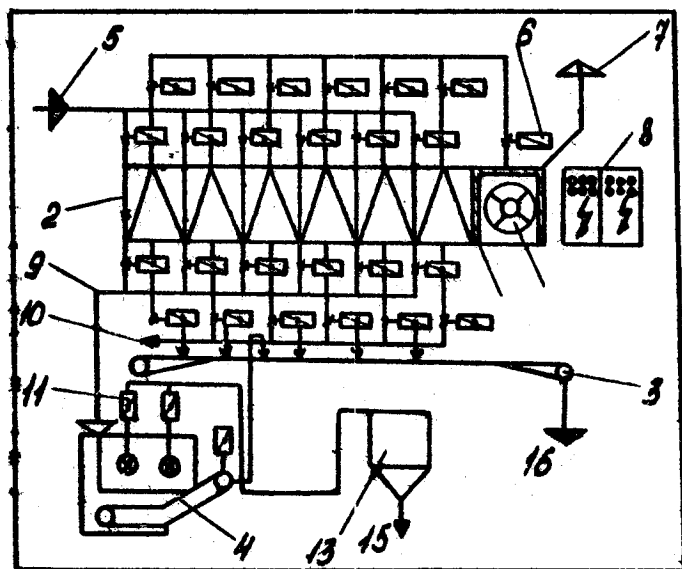


Рис. 15. Установка мокрого обеспыливания /50/ ;  
 1 - радиальный вентилятор; 2 - вихревое устройство для мокрого обеспыливания; 3 - ленточный транспортер; 4 - буферный бак с доочисткой; 5 - блокирующий клапан; 6 - ввод неочищенного газа; 7 - вывод очищенного газа; 8 - распределительный электрический шкаф; 9 - возврат ценной пыли; 10 - техническая вода; 11 - насос для обогащенного средства; 12 - звукозащита; 13 - запасной бак; 14 - уходящий воздух; 15 - к увлажнителю песка; 16 - к приготовителю шлама.

Таким образом обеспыливаются объекты подготовки формовочной земли, оборудование для автоматической формовки, а также вспомогательное оборудование.

#### 4.2. Плавильные отделения

В условиях литейного производства уменьшение загрязнения окружающей среды возможно за счет минимизации металлических отходов в результате комплекса технологических и организационных мероприятий. Сокращение отходов металла – составная часть природоохранной задачи уменьшения загрязнения биосферы, неизбежного при их переработке. В литейном производстве примерно 45% составляют отходы. Коэффициент использования стального и чугунового литья равен 0,8, стальных слитков для поковок – 0,3, проката – 0,72, использование заготовок литья по выплавляемым моделям превышает 0,9.

Одним из наиболее прогрессивных безотходных производств является изготовление деталей методом порошковой металлургии, коэффициент использования металла при котором может превышать 0,95. Точное стальное литье снижает объем выпускаемой стали до 20%, а замена серого чугуна в отливках на высокопрочный – массу выплавляемого металла на 10–15%.

##### 4.2.1. Чугунолитейное производство

Проблема запыты воздушного бассейна от загрязнений токсичными газами и высокодисперсной пылью, выбрасываемыми вагранками и электропечами, может быть решена в результате применения эффективных средств очистки, оборудования агрегатов герметизирующими устройствами и оптимизации режимов плавки.

В традиционной технологии очистка ваграночных газов осуществляется низконапорными мокрыми пылеуло-

вителями. Остаточное содержание пыли в выбросах в атмосферу составляет 0,3–1 мг/м<sup>3</sup>.

Для повышения эффективности очистки в Белорусском политехническом институте разработан мокрый пылеуловитель с пневмогидравлической системой орошения (рис. 16, 17). Пылеуловитель изготавливается из коррозионно-стойкой стали X18H10T и состоит из корпуса 7, конического водоохлаждаемого обтекателя 8, конфузора 2 и дымовой трубы 4. Для предотвращения выноса капель предусмотрен простой по конструкции жалюзийный каплеуловитель 3, который одновременно служит дополнительной ступенью очистки. Отложения пыли на уголках каплеуловителя смывают жидкостью при помощи специальных центробежных форсунок 5 ВТИ со сплошным плоским факелом распыла. Выходное сечение сопла форсунки прямоугольное.

Система орошения состоит из двух ярусов форсунок. В нижнем ярусе – каскадные форсунки 1 для предварительной подготовки газа, в верхнем – пневмофорсунки 6 высокого давления. Концентрация пыли после очистки в газовом потоке составляет 0,07 г/м<sup>3</sup> /51/.

В литейном цехе ПО "АвтоЗаз" применяется установка для дожигания оксида углерода в трубе вагранки. Узел дожигания с двумя горелками, работающими на газе, устанавливается в трубе, включается в работу после разогрева и загрузки вагранки и работает в течение всей плавки. Дополнительное дожигание оксида углерода снижает его содержание на выходе в атмосферу с 6–7% до 0,1–0,15% /52/.

Установка (рис. 18) состоит из узла дожигания СО с горелками-рабочей инжекционной 1 и запальной 2, двухпозиционного электрического манометра 6 типа ВЭ-16Р6, электромагнитного вентиля 3 типа СВМГ4, пробковых проходных кранов 5, 9 и 10, имеющих ограничители положений "открыто-закрыто". Газ на установку пода-

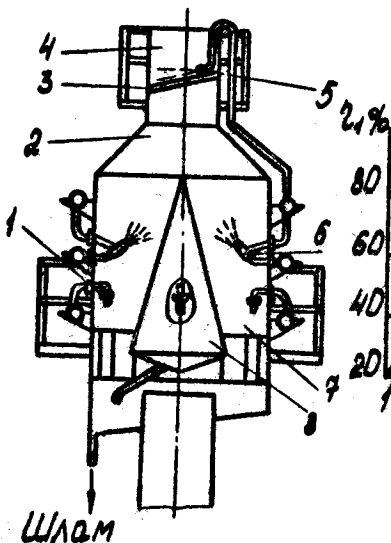


Рис. 16. Схема мокрого пылеуловителя с пневмогидравлической системой орошения /51/

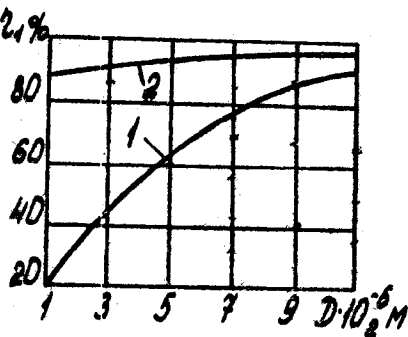


Рис. 17. Изменение фракционной степени очистки в зависимости от диаметра  $\bar{D}$  частиц пыли в мокрых пылеуловителях: 1 - традиционной конструкции; 2 - с пневмогидравлической системой орошения /51/

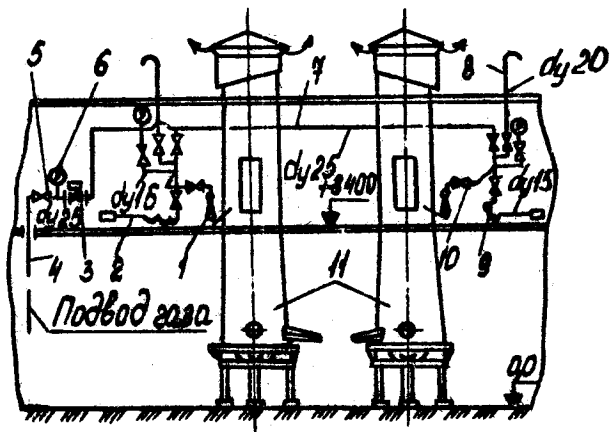


Рис. 18. Установка для дожигания оксида углерода в трубе вагранки /52/

ется из магистрального газопровода 4, а к горелкам — по коллектору 7.

Узел дожигания включается в работу после разогрева и загрузки вагранки 11 шихтой, продувки газа через свечу коллектора 7 и не отключается в процессе всей плавки. Закрыв кран на продувочном трубопроводе 8, открывают кран 5 на магистральном газопроводе 4. Включив электромагнитный вентиль 3, подают газ в коллектор 7 и из него — через кран 10 к горелкам. Открыв кран 9, зажигают запальную горелку и вводят ее в трубу вагранки в область выхода газа из горелки 1. Открывают кран перед горелкой 1, зажигают и регулируют горение газа. Отключают запальную горелку и вводят ее в трубу вагранки в область выхода газа из горелки 1. Открывают кран перед горелкой 1, зажигают и регулируют горение газа. Отключают запальную горелку, закрыв кран 10. При правильном регулировании горелка 1 работает без отрыва пламени и не затухает в течение всей плавки (около суток). Узел дожигания снабжен простой системой автоматического контроля и отключения подачи газа на горелку при изменении давления в магистральном газопроводе ниже или выше установленного предела, а также при отсутствии напряжения в сети. В качестве датчика сигнала в системе автоматики могут применяться датчики реле давления типа ДД-1-1-0, манометры типа ВЭ-16Р6 и другие двухпозиционные манометры.

Все большее распространение в литейном производстве получает плавка чугуна в индукционных печах промышленной частоты. На расход электроэнергии и вредные выбросы влияет наличие в шихте масел, эмульсии и других примесей. Отходящие газы загрязнены оксидами углерода, сажей, углеводородами в концентрациях, во много раз превышающих санитарные нормы.

Предварительный прогрев лома выше температуры испарения влаги, а также дожигание отходящих газов при температуре 900 °С в окислительной среде обезврежива-



ет выбросы. При этом органические вещества, соединяясь с кислородом, образуют безвредные  $H_2O$  и  $CO_2$ .

Институтом газа АН УССР разработана конструкция установки термopодготовки металлошихты перед плавкой в индукционных чугуноплавильных печах /53/. Установка оборудована системой обезвреживания отходящих газов путем дожигания с утилизацией полученного тепла для нагрева шихты.

Шихта нагревается в 2 этапа: предварительно - до 250-300 °С, в это время влага и масла удаляются, и окончательно - до 500-600 °С с промежуточным дожиганием отходящих газов в специальной горелке-дожигателе с последующей утилизацией теплоты. Обе стадии нагрева проходят одновременно в двух разных бадьях из жаропрочной стали с теплоизоляционной прослойкой.

Установки подогрева шихты для плавки чугуна разделены на 2 типа, отличающихся системой транспортирования бадей на установке. Эксплуатируются на Киевском заводе запасных частей и позволяют сбрасывать газ без пыли и горючих компонентов.

В установках карусельного типа (рис. 19 а) три бадьи расположены в гнездах круглой площадки, оснащенной поворотным механизмом. В двух бадьях идет нагрев шихты в две стадии с промежуточным дожиганием газов, а в третьей - прием свежей и выдача подогретой шихты. На установках проходного типа (рис. 19 б) бадьи располагаются в линию и передвигаются специальным цепным механизмом. Установки имеют автоматическое управление тепловым режимом и механизмами, автоматику безопасности процесса, работающую на серийно выпускаемом оборудовании.

При нагреве шихты тепловой режим горелочных устройств регулируется с таким расчетом, чтобы температура продуктов сгорания была равна 1000-1100 °С (за счет увеличения избытка воздуха на горение), что гарантирует высокую стойкость горелочных устройств и

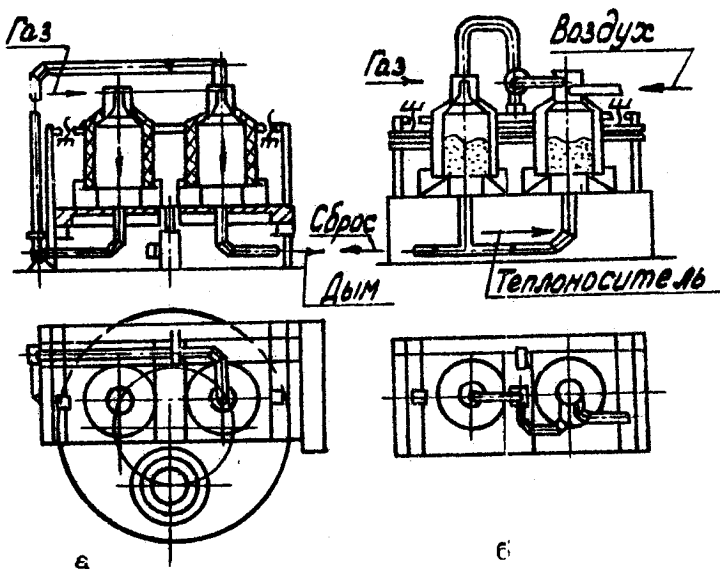


Рис. 19. Установки подогрева шихты для плавки чугуна /53/ :

а) карусельная; б) проходная

и полное отсутствие окисления шихты.

Температура шихты в бадье предварительного нагрева в конце процесса в верхнем слое 800-850 °С, в нижнем 150-200 °С, в бадье окончательного нагрева - соответственно 850-870 и 250-300 °С.

В литейных цехах США эксплуатируются вагранки с выводом газов ниже загрузочного окна и дожиганием их в камере, в которую автоматически подается необходимое количество свежего воздуха для полного сжигания оксида углерода.

На рис. 20 показана установка дожигания ваграночных газов, отобранных ниже загрузочного окна.

Поскольку отбор газов производится ниже загрузочного окна, то температура отработанных газов и содержание СО постоянны. Отсос газов выше загрузочного окна характеризуется существенными изменениями температуры отработанных газов. Для их воспламенения после загрузки газовая струя должна проходить напротив загрузочного окна. В камере дожигания температура достигает 700 °С /14/.

На чугунолитейном предприятии фирмы Stegg Industria (Калифорния, США) применяется очистка воздуха до чистоты более высокой, чем в окружающей среде. Система включает 3 пылеулавливающих устройства мощностью до 840 м<sup>3</sup>/мин. Каждая из установок содержит 96 пылесборников с фильтрами патронного типа. Система характеризуется незначительными потерями давления, что повышает эффективность ее действия по сравнению с применяемыми установками с мешочными фильтрами. Мешочные фильтры требуют замены дважды в год, патроны фильтров новой системы меняются раз в три года /54/.

В Англии расширяется применение бескоксовых вагранок, работающих на жидком или газообразном топливе. Чугун, выплавленный в этих вагранках, характеризуется низким содержанием серы, а процесс - малыми вы-

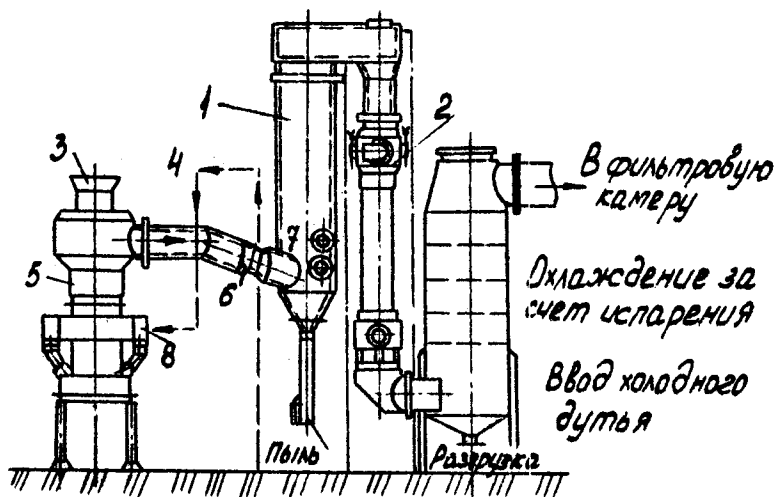


Рис. 20. Схематическое изображение вагранки с системой отсоса газов, расположенной ниже загрузочного лока, и использованием отработанных газов для дутья и обогрева /14/ :

1 - камера сгорания; 2 - лоточный нагреватель; 3 - загрузочный лок; 4 - горячее дутье; 5 - вагранка; 6 - кран регулировки водяного охлаждения; 7 - вспомогательная горелка; 8 - круговой обдув

бросами пыли. В трубе вагранки выше загрузочного окна производится дожигание газа с помощью газовой горелки /36/.

Бескоксовые вагранки фирмы KGT (ФРГ) используют в качестве топлива природный или городской газ, либо мазут. Вагранка снабжена рекуператором для подогрева дутья. Продолжительность плавильной кампании без ремонта футеровки – не менее двух недель. Относительно низкое содержание серы в чугуне позволяет использовать его без дополнительной обработки для получения ЧГ. Регулирование в широких пределах газового состава печной атмосферы и шлаковый режим плавки ограничивают угар. Минимальные пылевывбросы вагранки позволяют обходиться без пылеуловителей /42/.

#### 4.2.2. Сталелитейное производство

Проблема полной локализации вредностей, выделяющихся при плавке металла в электродуговых сталеплавильных печах, решена на Чебоксарском агрегатном заводе, где эксплуатируются системы отбора газов от печей ДС-5МТ типа полного укрытия в комплексе с газоочистными установками. Отличительная их особенность – в нижней части укрытия по всему периметру предусмотрены открытые проемы высотой 2,3 м. Заборный патрубок отсасывает 65 тыс. м<sup>3</sup>/ч газов. Скорость воздушного потока регулируемая /55/.

Укрытия печей ДС-5МТ № 10 и № 11 (рис. 21) отличаются конструктивным исполнением газозаборных патрубков. Габариты укрытий в плане 7850 x 5750 мм; высота 7600 мм. Газозаборный патрубок диаметром 1120 мм введен в укрытие в центре печи. Скорость его всасывания 18,5 м/с. В верхней части укрытия-открывающийся проем для замены электродов.

В укрытии печи № 10 заборный патрубок щелевой размером 3800 x 400 мм; скорость всасывания 11,8 м/с

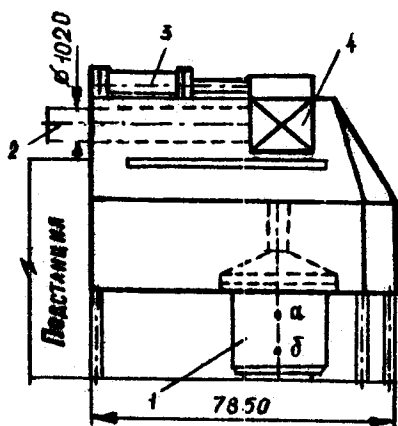


Рис. 21. Система отбора газов от печей ДС-5МТ;/55/:

1 - печь; 2 - газоотход; 3 - пнев. цилиндр; 4 - подвижный щит

При одинаковом объеме отсасывания газов (65 тыс. м<sup>3</sup>/ч) укрытие печи № 11 работает более эффективно, чем печи № 10, так как в результате высокой скорости всасывания происходит полная нейтрализация теплового напора и эвакуация выделяющихся газов, причем газы не выходят через неплотности в месте откатывающегося шита. Эффективность отбора газов в укрытии печи № 10 ниже, потому что недостаточная скорость всасывания в шелевидном патрубке не в состоянии нейтрализовать тепловой напор горячих газов, поднимающихся с большой скоростью, и часть из них прорывается в помещение цеха через неплотности в месте прилегания подвижного шита к укрытию.

В США для подавления выбросов при загрузке электропечей используют навесы с вытяжным устройством (рис. 22). Для подавления выбросов во время загрузки металлического лома применяют трехсекционные металлические колпаки, имеющие два экрана, с помощью которых направляют поток воздуха для захвата выбросов во время загрузки лома. Два других колпака предназначены для улавливания при выпуске стали. Кожух, построенный вокруг электропечи, обеспечивает высокую эффективность улавливания выбросов. В верхней части ограждения 1,5-метровой зазор для загрузки. Для герметизации зазора применяется воздушная завеса. Скорость откачки воздуха во время загрузки, необходимая для полного улавливания, приблизительно в 5 раз выше скорости откачки во время плавки.

#### 4.2.3. Подогрев шихты

Переplав в электроплавильных печах подогретой шихты в загрузочных бадах до 500 °С снижает расход электроэнергии на 20–22%, повышает производительность печей на 22–23%, выжигание масел и других органических включений при подогреве, уменьшает выбросы в атмосферу.

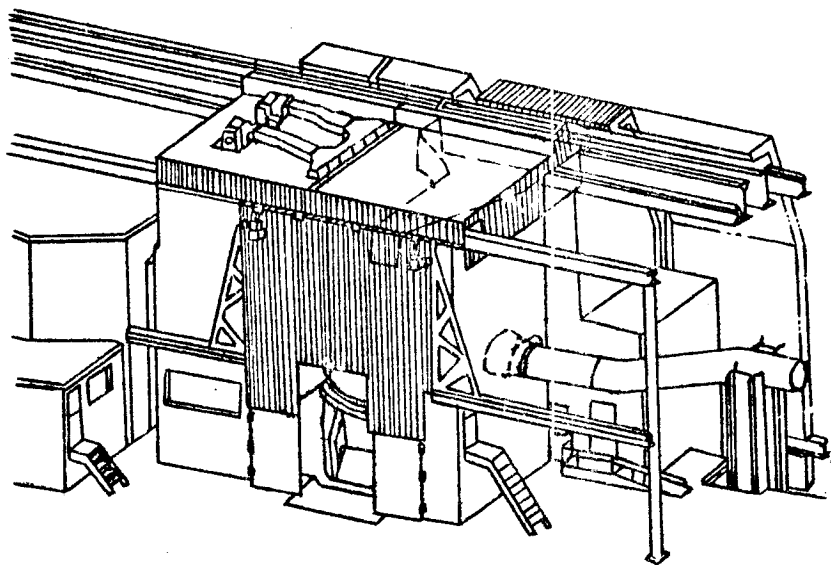


Рис. 22. Схематическое изображение кожуха  
вокруг дуговой электропечи /55/



На Невском машиностроительном заводе создана установка для подогрева шихты с утилизацией отходящих газов /56/.

На Ленинградском заводе "Большевик" эксплуатируют установку для подогрева шихты в загрузочных бадах вместимостью 2 т (рис. 23), состоящую из поворотной крышки 3 с газовой горелкой 4 и трубопроводами 5 для подачи газа и воздуха. Бада 2 с холодной шихтой мостовым краном с помощью специальной траверсы 7 перемещается на дымоотводящую подставку 8 в первую рабочую позицию агрегата подогрева шихты. Крышка с помощью поворотного и прижимного механизмов 6 устанавливается над бадой, и продукты горения газа от горелки проходят сверху вниз через слой шихты в баде, затем через подставку отсасываются дымососом и выбрасываются через металлическую дымовую трубу в атмосферу. Для предохранения атмосферы цеха от газов на установке предусмотрены специальные уплотняющие кольца 1. Во время нагрева шихты (25-30 мин) на вторую рабочую позицию установки подается вторая бада с холодной шихтой. После завершения нагрева шихты с помощью механизмов 6 крышка поднимается на 100-120 мм, поворачивается на 60°, устанавливается на баде с холодной шихтой, и процесс ее нагрева повторяется.

Установка (рис. 24) состоит из топчного устройства 7 с газовой горелкой 6, трубопроводами 5 воздуха, подаваемого вентилятором 11 через рекуператор 4 к горелке 6, циклона 2 пылеочистки отходящих газов от бады 8, рециркуляционного вентилятора 12 с трубопроводами 3 для направления отходящих газов в топчное устройство, дымовой трубы 1, механизма 10 перемещения бадей и механизма 9 подъема бадей на позиции нагрева шихты.

Для Горьковского машиностроительного завода разработаны также установки для подогрева шихты, работающие на мазуте, с вместимостью бадей 6 и 12 т.

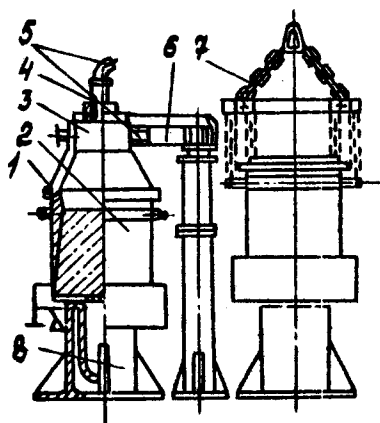


Рис. 23. Установка для подогрева шихты /56/

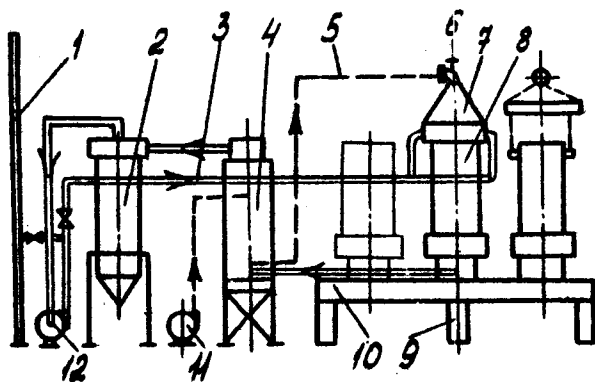


Рис. 24. Установка для подогрева шихты /56/

Температура нагрева всдуха в рекуператоре 200 °С. Использование в горелке 6 подогретого воздуха снижает расход топлива на 10–15%. После рекуператора отходящие газы очищаются в циклонах ЦН-15 и поступают в зону горения, где при температуре 950–1000 °С полностью выжигаются вредные летучие. Вносимые в установку отходящие газы с температурой 400 °С позволяют дополнительно снизить расход топлива на 15–25 км<sup>3</sup>/т шихты.

При плавке стали в индукционных печах выделяется незначительное количество газов, в 5–6 раз меньше более крупной пыли, чем при работе электродуговых печей /19/. На металлургическом заводе "Серп и молот" (г. Москва) дуговые электропечи заменены на плазменные, экологически более безвредные.

В Америке для локализации газов от электродуговых печей (ЭДП) вместимостью 5 т применяют частично закрытое с трех сторон и сверху передвижное устройство. При загрузке оно откатывается. Скорость отсоса 31 м<sup>3</sup>/с. Полностью закрытая система, состоящая из устройства, закрывающего печь, с приемником, применяется для электродуговых печей вместимостью > 60 т и обеспечивает отсос газов со скоростью 35–42 м<sup>3</sup>/с. Температура отходящих газов 80 °С.

Максимальная эффективность очистки для всех систем 99% /57/.

Разработано устройство для очистки газов в цехах со стесненными условиями. Так, в литейном цехе завода "Ленинградская кузница" применяется безотходная очистка газов электродуговых печей мощностью до 3 т.

Сконструирована установка для очистки газов электропечей с совмещением принципа очистки в трубах Вентури и использования бункера аппарата ПВМ для отвода и отстаивания шлама конвейером ПВМ, что целесообразно при отсутствии места для строительства оборотного цикла водоснабжения. При запыленности газов 300–

375 мг/м<sup>3</sup> после эжекционной очистки запыленность газа 41-74 мг/м<sup>3</sup>. Количество вредных примесей диоксида серы - 5-10 мг/м<sup>3</sup>, оксидов азота - 40-60 мг/м<sup>3</sup>; оксиды углерода не обнаружены. В бункере пылеуловителя поддерживается постоянный уровень воды, по мере накопления пыли конвейер отгружает ее /58/.

#### 4.2.4. Очистка пылегазовых выбросов при плавке цветных металлов

При очистке пылегазовых выбросов из печей для плавки алюминия применяют двухступенчатую систему очистки. Она состоит из полого скруббера и трубы Вентури или осадочных колонн. Такие системы громоздки, недостаточно эффективны.

Разработана система без указанных недостатков. Она состоит из первой ступени, включающей в себя газопромыватель, колонный сепаратор, волокнистый секционный фильтр, и второй ступени - волокнистого ионообменного фильтра. Очищаемый пылегазовый поток орошается в газопромывателе раствором соды. В коленном сепараторе от газового потока отделяются капли промывочной жидкости и смоченная пыль. От мелкодисперсной пыли очистка производится в волокнистом секционном фильтре, регенерация которого осуществляется в автоматическом режиме промывкой раствором поверхностно-активных веществ. Вредные газовые ингредиенты улавливаются при фильтрации через ионообменный волокнистый материал во второй ступени очистки.

Эффективность очистки от пыли - 98-99%, хлористого водорода, фтористого водорода, диоксида серы - 99,5%. Образующийся шлам состоит из водонерастворимых соединений фтора, серы и оксидов металла и подвергается утилизации /59/.

В ФРГ разработана специальная печь для переплавления алюминиевого скрапа, загрязненного различными

примесями без добавки флюсов. Выбросы хлора, диоксида кремния и оксидов азота при плавке в этой печи почти на 65% ниже по сравнению с выбросами из традиционных установок. Поскольку на установке не применяют флюсы, соленые шлаки не образуются /35/.

#### 4.3. Отделение формообразования

Развитие технического прогресса, рост производственных мощностей, внедрение прогрессивных технологий (в частности, изготовление форм и стержней), резкая химизация литейного производства в последние годы обострили вопросы создания безопасных условий труда литейщиков, потребовали разработки мероприятий по оздоровлению воздушной среды, борьбы с пылью, газами.

Ниже представлены новые технологические процессы формообразования, резко снижающие вредные выбросы в атмосферу.

##### 4.3.1. Пневмоимпульсная формовка

Пневмоимпульсная формовка – перспективный метод уплотнения. Стоимость импульсных формовочных машин относительно низка, они могут быть созданы в результате преобразования устаревших прессовых и пескодувных формовочных машин, ремонт их не сложен.

Уплотнение верхних слоев полуформ производится повторным воздействием на смесь импульса сжатого воздуха с предварительным нанесением жидкости на поверхность формовочной смеси. Жидкость, проникая в поры смеси, снижает газопроницаемость верхнего слоя, который при повторном воздействии сжатого воздуха действует на нижележащие слои как диафрагма. Это – двухстадийный импульсный метод. Разработан в МАМи (г. Москва). Другой метод – импульсно-ударный. При открывании клапана поток сжатого воздуха разгоняет клапан-боек, обте-

кая его, воздействует на формовочную смесь, ее верхняя граница перемещается вниз, клапан-боек догоняет смесь, когда в ней еще действуют напряжения от импульса сжатого воздуха, и уплотняет скоростным прессованием.

Пневмоимпульсные методы универсальны, без шума и вибрации.

#### 4.3.2. Вакуумно-пленочная формовка

Примером безотходного технологического процесса является способ вакуумно-пленочной формовки. Литейную модель вместе с модельной плитой накрывают нагретой до пластического состояния тонкой синтетической пленкой и отсасывают воздух через отверстия в плите и модели из-под плиты и пленки. При этом пленка плотно облегает модель, повторяя ее контуры. Затем на модельную плиту ставят специальную опоку, заполняют ее сухим кварцевым песком, уплотняют вибрацией, потом на верхний лад опоки с песком накладывают нагретую синтетическую пленку и подключают опоку к вакуумной системе. Обе полуформы готовятся аналогично. Далее следует заливка, охлаждение и выбивка. При выбивке опоки отсоединяются, и сухой песок легко высыпается /48/.

Основные узлы автоматизированной линии вакуумно-пленочной формовки поставлены СССР японской фирмой Sinto-Kogio, Ltd. Линия (рис. 25) состоит из участков изготовления, нижних 19 и верхних 15 полуформ, установки стержней 9, заливки 2 и охлаждения 48 форм, выбивки 30 отливок и включает системы вакуумирования, транспортирования, очистки и охлаждения формовочного песка, пылеулавливания и электронно-вычислительного обеспечения работы систем.

Позиции облицовки 12, 22 оборудованы устройством для крепления рулонов пленки, электронагревателем мощностью 40 кВт с автоматической регулировкой температуры и механизмами горизонтального и вертикального

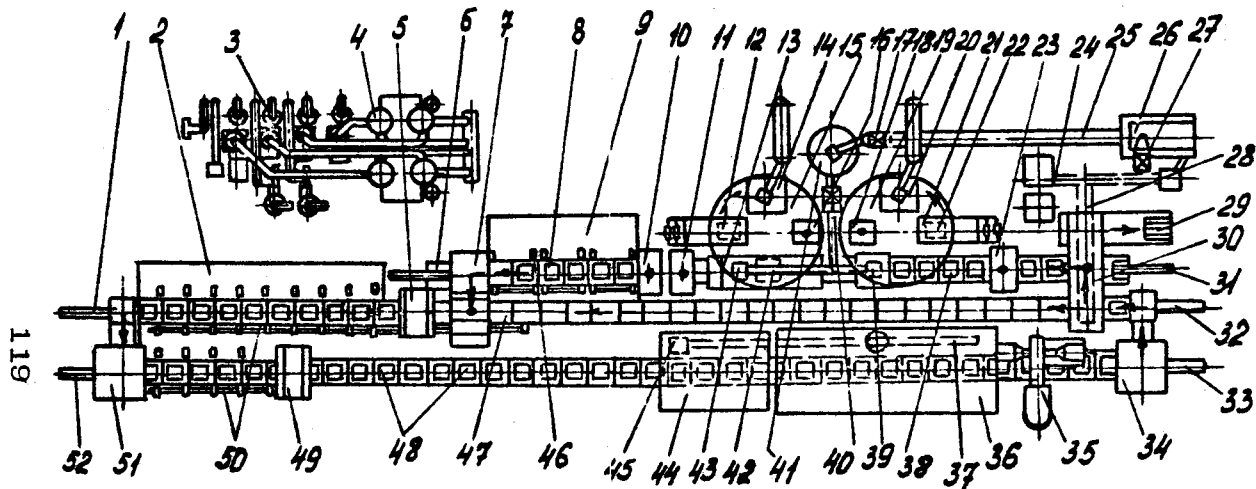


Рис. 25. Автоматизированная линия вакуумно-пленочной формовки /48/

перемещения. Вакуумированный стол с модельным комплексным подъемником, расположенным под каруселью, устанавливается в заданном положении. Подвижная рама вакуумными присосами захватывает синтетическую пленку и вместе с нагревателем перемещается на позицию облицовки. Пленка отрезается нагретой нихромовой нитью. Нагреватели имеют две зоны нагрева – периферийную и центральную, которые состоят из элементов мощностью 3 и 2 кВт соответственно. При движении нагревателя и рамы пленка, сматываясь с рулона, укладывается на неподвижную раму, которая также посредством вакуума удерживает очередной отрезок пленки. После нагрева пленки подвижная рама опускается вниз, накладывает пленку на модельный комплект, поднимается и с нагревателем возвращается в исходное положение. На позициях 14, 20 на облицованный пленкой модельный комплект вручную с помощью системы безвоздушного распыления наносится противпригарное покрытие.

Позиции 16, 18 оборудованы автоматическим устройством подогрева и подачи воздуха для сушки покрытия. На позициях 13, 21 под каруселью имеется вибрационный стол с подъемом. Для уплотнения песка в опоке на столе закреплены 2 вибратора. Вибростол, двигаясь вверх, поднимает стол с модельным комплектом, захватывает с конвейера пустую опоку и прижимает ее к подвижному бункеру-дозатору 39. После наполнения опоки специальное устройство натягивает пленку на контрлад опоки, и к ней подключается вакуумирование. Над позициями 13 и 21 проходит роликовый конвейер 8, соединяющий участок выбивки 20 и манипулятор 7 сборки форм. Перемещение пустых опок и готовых полуформ по конвейеру производится гидроцилиндрами-толкателем 31 и амортизатором 6.

Участок заливки состоит из устройства 5 скрепления полуформ, тележечного конвейера 47, на котором установлены десять форм, заливочной площадки 2 и лифта 51, предназначенного для передачи залитых форм на



участок 48 охлаждения. После 1,5-часового охлаждения формы отключаются от вакуумирования 50. Опoki раскрепляются устройством 49 и подъемником 34 передаются на участок выбивки 30.

Вакуумно-пленочная формовка позволяет повысить коэффициент использования металла на 20-35%, улучшить санитарно-гигиенические условия труда.

### 4.3.3. Автоматические формовочные линии (АФЛ)

Создание и внедрение автоматизированных комплексов оборудования (включая промышленные роботы), ликвидирующих ручной труд, исключает контакт работающих с травмоопасными и вредными факторами.

В литейном производстве переход на формовку с помощью автоматических линий сокращает выбросы пыли, увеличивает производительность труда, улучшает качество отливок. Существует большое число вариантов компоновки оборудования, тесно связанных с характером производства, массой и размером отливок, видами литья и т. д.

Фирмой "Тизаг" (ГДР) (рис. 26) предложена линия безопочной формовки с горизонтальным разъемом по комбинированному способу выстрела и прессования. Стержни устанавливает оператор машины в поворотном устройстве. После спаривания при помощи поперечного передвижного устройства форма попадает на участок выталкивания, где комплектный ком выталкивается на поддон пластинчатого конвейера. Заливка осуществляется всеми видами заливочных устройств. Охлаждение, в случае необходимости, производится в трехэтажном лотковом (по 4 формы) охлаждательном конвейере. После охлаждения формы передаются на сепарацию /60/.

АФЛ с применением опочной технологии создана фирмой "Бадише Машинленфабрик" БМД (ФРГ) (рис. 27).

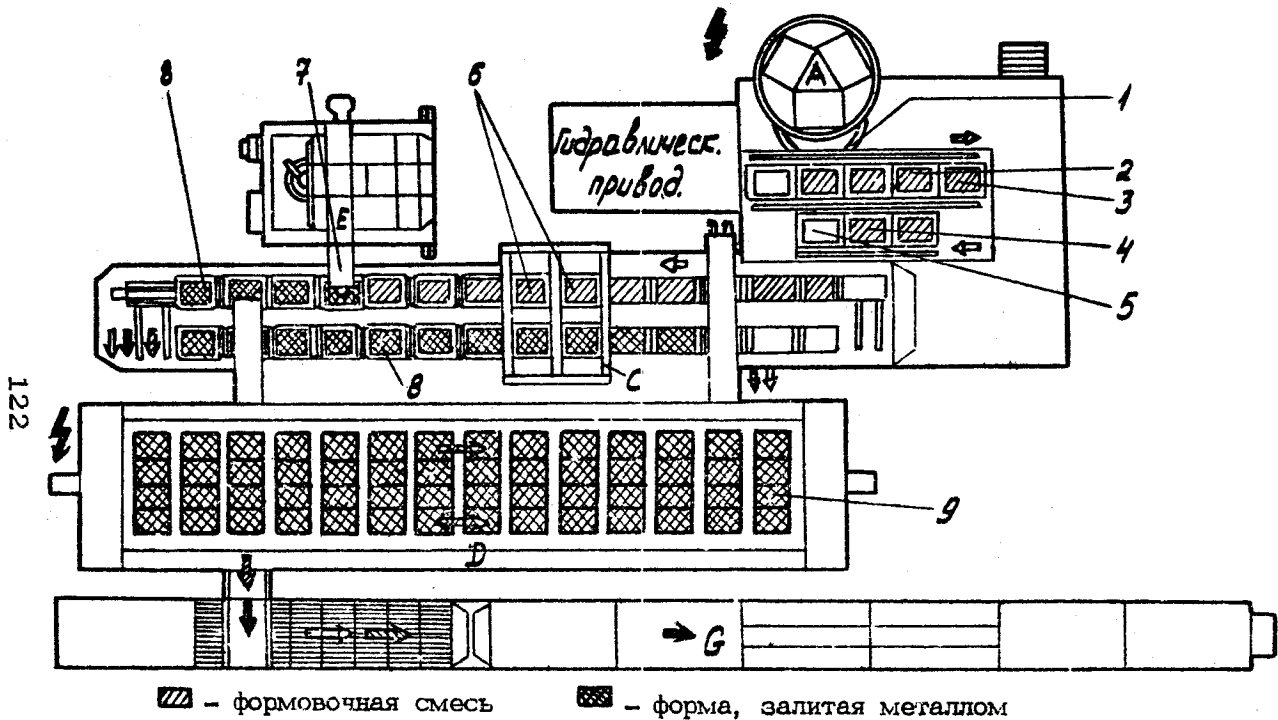


Рис. 26. Автоматическая формовочная линия "Gisabloc-35" /60/

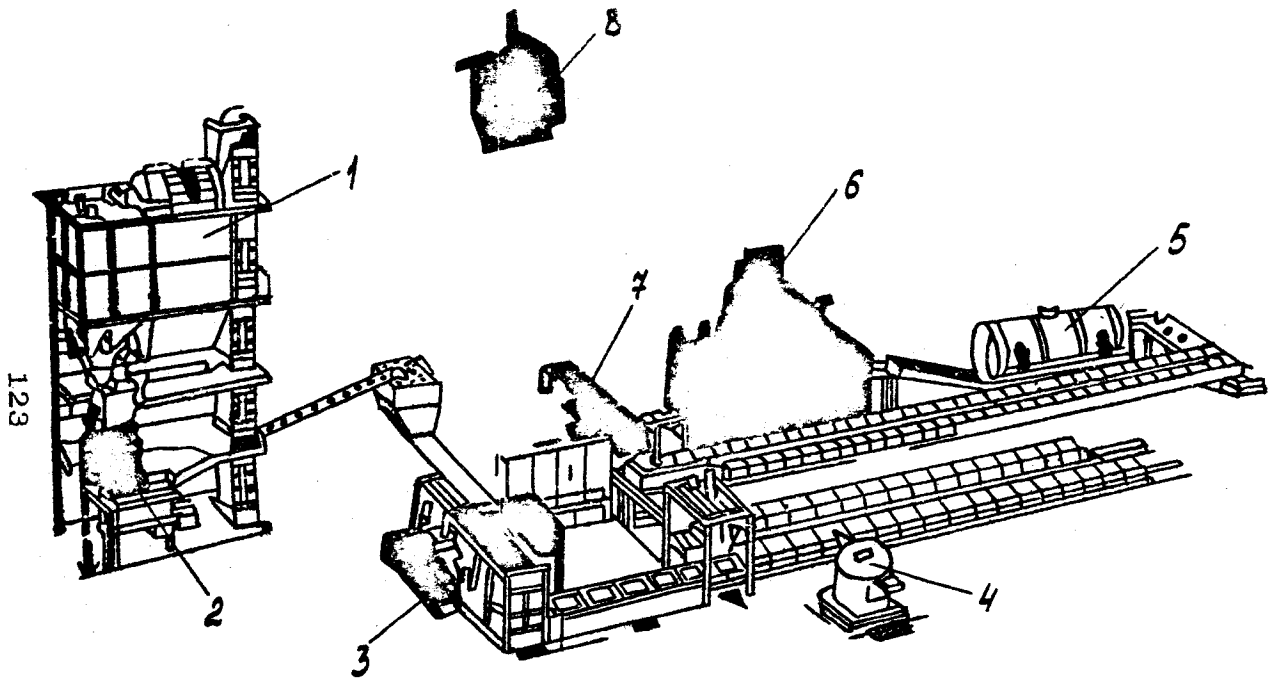


Рис. 27. Автоматическая формовочная линия фирмы БМД /60/

К рис. 26 :

А — формовочный автомат; В — транспортер палетт; С — нагрузочное устройство; Д — линия охлаждения; Е — заливочное устройство; Р — выбивное устройство; Г — конвейер для охлаждения готовых отливок.

1 — формовка верхнего и нижнего комов; 2 — поворот нижнего кома; 3 — установка стержней в нижний ком; 4 — соединение верхнего и нижнего комов; 5 — нагружение готовой формы; 6 — закрепление сторон формы; 7 — заливка формы металлом; 8 — предварительное охлаждение формы; 9 — окончательное охлаждение формы.

К рис. 27 :

1 — система приготовления формовочной смеси; 2 — смеситель; 3 — формовочная машина; 4 — заливочное оборудование; 5 — охлаждающий барабан; 6 — проходной барабан для очистки литья; 7 — качающийся конвейер; 8 — установка обеспыливания.

Рационально решены проблемы циркуляции песка и опок, производственного потока отливок, удаления пыли. В линии использован высокоспроизводительный смеситель башенного типа (до 250 т/ч) (в неподвижном миксере лопасти мешалок вращаются в противоположном направлении, обеспечивая однородность конечной продукции). Получение форм осуществляется воздушно-импульсной формовочной машиной, использующей сжатый воздух для создания ударной волны.

В качестве заливочного устройства предложена плавильная печь типа "Юнкер", пригодная для всех видов металлов. Индуктивный нагрев обеспечивает равномерность температуры во всем объеме печи. Залив и выпуск металла осуществляется сифонобразно.

Готовые формы после заливки поступают в охлаждающий качающийся барабан, в котском освобождаются от песка. За ним следует автоматический проходной барабан для струйной обработки детали.

АФЛ фирмы БМД предусматривает также пылеулавливающую установку с плоским фильтром нового образца. Пыленасыщенные газы подеодят сверху в камеру сырого газа и далее вниз через горизонтально вмонтированные фильтрокамеры в камеру чистого газа. Очищаются фильтры автоматически промывксой воздухом. Пылеудаление значительно ниже допустимого ( $50 \text{ мг/Нм}^3$ ) /60/.

#### 4.3.4. Холоднотвердеющие смеси (ХТС)

Создание технологий, связанных с внедрением стержневых смесей холодного отверждения, наряду с повышением производительности и качества и снижением пылевых выбросов, увеличивает выбросы вредных веществ.

В ФРГ формы ХТС составляют 70% от общего их числа. Отходящие газы нейтрализуются серной или сернистой кислотой. Продукты взаимодействия аминов с кис-

лотами сливаются в канализацию /61/.

В Англии успешно применяют полиакрилатную смолу и щелочные добавки для изготовления стержней в производстве алюминиевых отливок /62/.

#### 4.3.5. Очистка газов при изготовлении стержней в нагреваемой оснастке

Институтом физхимии АН УССР разработана и на Вильнюсском заводе "Пласта" внедрена очистка вентиляционного воздуха при изготовлении стержней в нагреваемой оснастке с наиболее часто распространенным раствором карбамида в фенолоспирте. При применении этого раствора выбрасываемые газы содержат следующие составляющие, в мг/м<sup>3</sup>:

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| фенол             | 2-18      |
| формальдегид      | 1,5-15    |
| метанол           | 10-40     |
| аммиак            | 20-12     |
| пыль              | 5-40      |
| цианистый водород | 0,02-0,14 |

Существующие методы термической и термokatалитической очистки широко не распространены из-за необходимости создания крупногабаритных установок.

Сорбционно-каталитический метод с поглощением органических веществ катализатором, содержащим диоксид марганца, использует периодическую высокотемпературную (300 °С) регенерацию адсорбента. Этот метод требует предварительное обеспыливание.

Для очистки вентиляционного воздуха от стержневых машин мод. 4509 лабораторией БПИ испытана насадочная адсорбционная колонна производительностью 1800 м<sup>3</sup>/ч. Эффективность улавливания при орошении 10%-м раствором едкого натра составила 70-80% фенола,

50-80% формальдегида, метанола, аммиака. В случае применения в качестве адсорбента воды улавливается 25-40% фенола и 80-90% остальных компонентов /58/.

Для локализации и удаления выделений при формировании перспективее дренажный отсос газов из стержня или формы с помощью труб, основанный на высокой дренажной способности (газопроницаемости) формовочных материалов. При высокой эффективности удаления вредных веществ такие устройства позволяют снизить объемы отсасываемых газов в 100 раз. Дренажный отсос приводит к ускорению охлаждения формы и более полному выгоранию из стержней смоляного связующего. Наряду с обезвреживанием газовыделений дренажный отсос позволяет обеспыливать воздух, так как вся пыль будет фильтроваться литейной формой. Содержание вредных органических веществ после дренажного отсоса  $> 1 \text{ г/м}^3$  и для его обезвреживания целесообразно каталитическое дожигание /63/.

На ПО "Зил" (г. Москва) применена система полного пылеулавливания и использования шлама в формовочных составах. Пылеуловители переведены на периодический режим работы, при котором в них постепенно повышается концентрация пыли. Пыль от формовочных смесей в виде суспензии с концентрацией сухого остатка до 15-20% накапливается в мокром пылеуловителе. Сливные отверстия пылеуловителей соединяются системой трубопроводов с расходными баками. Использование шламовых отходов при изготовлении формовочных смесей полностью исключило загрязнение окружающей среды /36/.

Наибольшая эффективность очистки воздуха от пыли в цехах с сырыми песчаными формами достигается с помощью "мокрых" коллекторов. В процессе улавливания пыли песок, глина и другие вещества осаждаются в коллекторе в виде шлама или образуют смеси с водой - суспензии.

фирма "Cola Manufacturing" (США) использует этот шлам, добавляя в формовочные смеси.

Схема установки для использования шлама из мокрых газоочистителей в формовочных смесях дана на рис. 28.

Шлам содержит 7,7% активной глины, 6,45% органических материалов, 82% неорганического остатка. Шламовая суспензия в формовочных смесях не ухудшает свойств смесей.

В Великобритании в литейных цехах используют шламы при изготовлении формовочных смесей в бегунах периодического действия в количестве 0,48% суспензии, 0,17% шлама от общей массы приготовленной формовочной смеси по схеме, приведенной на рис. 29.

Фирма "August Simpson" (ЮАР) использует шламы в формовочной смеси автолнии "Disamatis" /64/.

#### 4.3.6. Регенерация отработанных смесей

Наиболее рациональный и реальный путь сокращения отходов формовочных материалов и уменьшения вывоза отходов в отвалы – регенерация отработанных формовочных и стержневых смесей. В настоящее время в литейных цехах повторно используется только около 30% горелых отработанных смесей /7/.

Расход песка на изготовление 1 т отливок в среднем около 1 т при песчаных формах. Для сравнения: в США расход песков составляет около 0,6 на 1 т, по абсолютной величине удельный расход формовочных песков в нашей промышленности почти в 2 раза больше. Удельная норма расхода песка в других развитых капиталистических странах составляет около 0,5 т /7/.

По коэффициенту расхода свежих материалов на 1 т годных отливок можно судить об уровне технологических разработок в литейных цехах. Количество отходов пропорционально выпуску годных отливок, отношение ко-



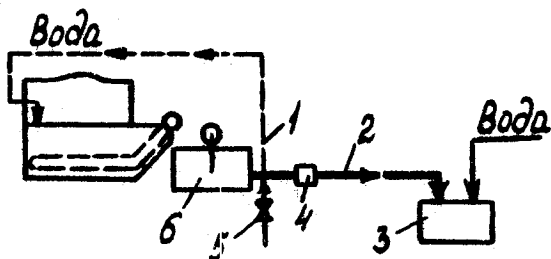


Рис. 28. Схема установки для использования шлама из мокрых газоочистителей в формовочных смесях/64/;

1 - уровнемер; 2 - линия подвода суспензии (50-75% общего объема смеси); 3 - смеситель; 4 - диафрагменный насос с выходным отверстием 25 мм; 5 - клапан впуска воды; 6 - емкость для суспензии.

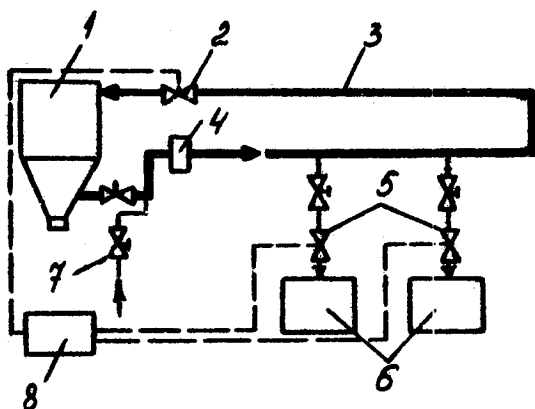


Рис. 29. Схема установки для использования шлама из мокрых газоочистителей в формовочных смесях /64/:

1 - "мокрый" коллектор; 2 - клапан, открытый в рабочем состоянии; 3 - кольцевой трубопровод; 4 - диафрагменный насос; 5 - клапан, закрытый в рабочем состоянии; 6 - смеситель периодического действия; 7 - клапан впуска магистральной воды; 8 - панель управления.

личества отходов к выпуску отливок колеблется от 0,4 до 1,5 по разным отечественным литейным цехам.

В табл. 32 приведены данные из работы /7/ о завозимых в литейные цехи свежих материалах.

Таблица 32

Расход материалов в литейных цехах разных стран, % /7/

| Материалы   | Япония | ФРГ  | ГДР  | Англия | Швейцария | США  |
|---|--------|------|------|--------|-----------|------|
| Формовочные пески                                   | 76,6   | 85,2 | 78,8 | 84,2   | 79,9      | 85,6 |
| Глина и бентонит                                    | 12,1   | 6,3  | 5,0  | 3,8    | -         | 9,0  |
| Технологические добавки                             | 0,7    | 2,5  | 1,4  | 3,4    | 8,6       | 4,9  |
| Неорганические и органические связующие             | 3,6    | 3,6  | 4,9  | 1,9    | 2,9       | -    |
| Расход материала, отнесенный на 1 т годовых отливок | 0,57   | 0,68 | 1,0  | 1,36   | 0,84      | 0,80 |

Регенерация отработанных формовочных смесей решает основную задачу защиты окружающей среды, так как на них приходится основной объем отходов (85-90%), кроме того, она способствует созданию безотходных технологий /16/. Многие литейные цехи не используют системы регенерации из-за низкого экономического эффекта. Предприятиям легче завозить свежий песок, чем строить и эксплуатировать регенерационный комплекс.

Внедрение методики по расчету экономической эффективности систем регенерации отработанных смесей, учитывающей фактически транспортно-заготовительные расходы, включая ручную загрузку вагонов, содержание отвалов, извлечение металла из смесей, позволит установить истинную цену формовочных песков.

Основное значение регенерации состоит в восстановлении зерновой структуры и свойств песка отработанных смесей. Комплексы регенерации представляют собой поточные автоматизированные линии, отличающиеся между собой узлами измельчения массы, методами оттирки связующих с зерен песка, смесителями, сепарацией, охлаждением готового регенерата. Из применяемых методов регенерации (пневморегенерация, сухая, гидрорегенерация) наиболее распространен сухой метод, как наиболее экономичный и производительный.

В Минтракторпроме разработаны и используются технология сухой регенерации песков и оборудование, позволяющие получать качественный регенерат практически из любых отработанных формовочных и стержневых смесей. Схема комплекса для сухой механической регенерации песков из отработанных жидкостекольных смесей (ЖСС), освоенного на Днепропетровском заводе металлургического завода, представлена на рис. 30. После выбивной решетки 19 отработанная ЖСС по ленточному конвейеру 18 поступает в магнитный сепаратор 17, затем по ленточному конвейеру 3 в бункер 2, откуда качающимся 1 и ленточным 16 питателями подается в измельчитель 14, в котором комья ЖСС размельчаются до размера зерен песка, а трудноизмельчаемые включения удаляются в контейнер для отходов 15. Питателем 13 песок подается в агрегат 12, в котором зерна песка оттираются, подсушиваются и обеспыливаются. Годный регенерированный песок элеватором 10 и конвейером 11 подается на участок изготовления ЖСС. Запыленный воздух очищается в батарее циклонов 7 и мокром скруббере 6 (4-шламоборник, 5-вентилятор, 8-бункер для пыли, 9-контейнер для пыли, 20-пульт управления комплексом).

Участки изготовления форм из ЖСС, их выбивки и регенерации песка образуют автономную систему, не связанную с общепеховым оборотом формовочных смесей. Опыт промышленного освоения комплекса показал его вы-

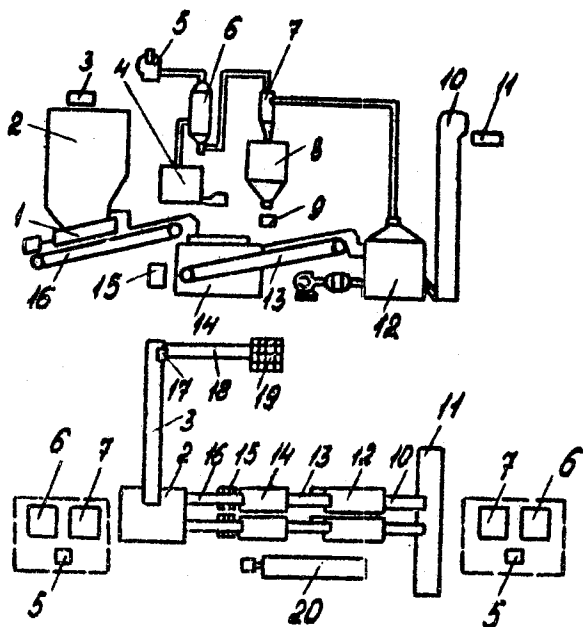


Рис. 30. Схема комплекса для сухой механической регенерации песков из отработанных ЖСС /16/

сокую эффективность при регенерации песков из отработанных ЖСС. Степень удаления остатков ЖС с поверхности зерен песка составляет 60%. Регенерированный песок удовлетворяет требованиям ГОСТ 2138-84 на кварцевые пески марки 2К016А (табл. 33).

Комплекс оборудования сухой регенерации, освоенный ПО "Сибтяжмаш", предназначен для регенерации песков из отработанных формовочных смесей (ОФС) цеха стальных отливок. Комплекс состоит из одной автоматизированной линии, размещенной на площади 180 м<sup>2</sup> в пристройке в цехе стальных отливок (рис. 31).

ОФС, прошедшая санитарную сепарацию, по конвейеру 11 поступает в бункер 4, из которого питателем 5 подается в барабанную дробилку 6, куски ОФС измельчаются до размера зерен песка за счет их взаимного истирания при вращении барабана дробилки. Измельченный материал подается на установку абразивной регенерации. Трудноизмельчаемый материал скапливается в рабочей камере дробилки и периодически выгружается по направляющему лотку 8 в контейнер 7 для отходов. В оттирочном агрегате 9 остатки пленки связующего оттираются с поверхности зерен песка, а регенерированный песок подсушивается и обеспыливается. Воздух, подаваемый в оттирочный агрегат, подогревается электрокалорифером. Воздух от оттирочного агрегата попадает в систему очистки запыленного воздуха. Регенерированный песок через загрузочный люк оттирочного агрегата элеватором ЛГ-250 10 подается на пневможелоб 12, с которого он поступает либо в бункер 13, либо в цех к конвейерам, подающим регенерированный песок на смесеприготовительный участок. Запыленный воздух, отсасываемый из оттирочного агрегата, проходит двухступенчатую очистку. Крупные частицы пыли улавливаются в циклонах ЦН-15 3, а мелкие - в струйнопенном пылеуловителе 1. Скапливающуюся под циклонами пыль выгружают винтовым смесителем 2

Таблица 33

Характеристика свежего и регенерированного песка и отработанной ЖСС /16/

| Материал                    | Состав материала, % |                                |      |      |                   |                  |      | Г     | рН   | Сумма ос-<br>новных фрак-<br>ций на 3-х<br>смежных си-<br>тах |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|------|-------|------|---|
|                             | SiO <sub>2</sub>    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |      |       |      |   |
| Свежий песок                | 97,2                | 0,31                           | 0,40 | 0,22 | 0,18              | 0,14             | 0,28 | 8,10  | 90,0 |   |
| Отработанная<br>ЖСС         | 93,3                | 1,50                           | 2,40 | 0,26 | 0,86              | 0,28             | 3,45 | 10,97 | 81,8 |   |
| Регенерирован-<br>ный песок | 97,3                | 0,74                           | 0,71 | 0,20 | 0,33              | 0,20             | 0,40 | 9,87  | 89,6 |   |

Примечание. Г — глинистая составляющая.

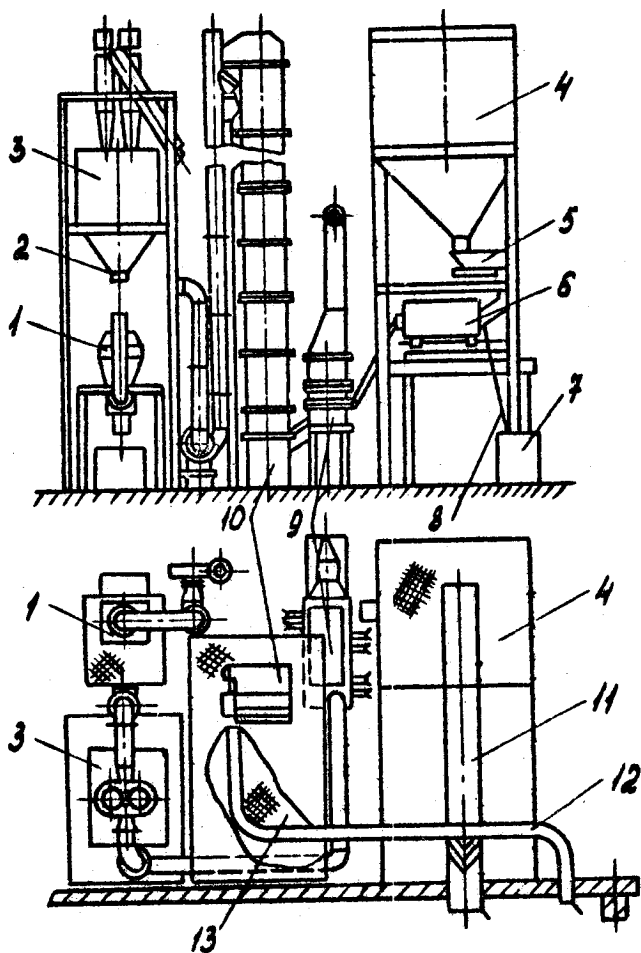


Рис. 31. Комплекс оборудования сухой регенерации  
в ПО "Сибтяжмаш" /16,63/



на автомобильный транспорт и вывозят в отвал.

В НПО "ВНИИЛитМаш", КТИАМ (г. Челябинск) накоплен опыт регенерации отработанных литейных песков для возврата в производство до 90% /63/.

Установки сухой терморегенерации эксплуатируются на КамАЗе, Гродненском заводе карданных валов, Челябинском кузнечно-прессовом заводе. Установки механической регенерации работают на Людиновском теплово-зостроительном заводе, Курганском заводе тягачей и др.

В автомобильной промышленности разработан документ /65/, в котором даны рекомендации по выбору технологии и оборудования и приведены типовые компоновочные решения участков и линий различной производительности.

В пневморегенерации поток воздуха выполняет четыре функции: транспортирование, очистку, сепарацию и охлаждение материала. Существует множество различных схем и конструкций пневмогенераторов /56/. Регенерация отработанных жидкостекольных смесей существующими способами не позволяет получить высококачественный регенерат из-за поверхностной пленки от продуктов отверждения жидкого стекла. В БПИ (г. Минск) проведены исследования по электрогидравлической обработке водно-песчаных пульп, содержащих отработанные смеси.

Гидрорегенерация отработанных смесей нашла широкое применение из-за преимуществ: уменьшения запыленности, улучшения условий труда в очистных отделениях, возможности восстановления сложных, неоднородных по химико-минералогическому и гранулометрическому составу смесей.

Основными операциями процесса гидрорегенерации, от которых зависит технико-экономическая эффективность гидрорегенерационных комплексов, являются: подготовка и транспортирование отработанных смесей, оттирка пленок связующего, обезвоживание, очистка воды и удаление шлама.

В ВНИПИИстромсырье после исследований и экспериментальных разработок создали комплекс оборудования для непрерывной гидроабразивной регенерации отработанных стержневых и формовочных смесей /66/.

Комплекс такого оборудования эксплуатируется на Хабаровском заводе отопительного оборудования. Технологическая схема гидрорегенерации показана на рис. 32. Сухая отработанная стержневая смесь из барабанов непрерывного действия ленточным конвейером 2 подается в загрузочную воронку 3 и в работающую на холостом ходу оттирочную машину 4. На ленточном конвейере для удаления металлических включений установлен электромагнит. Одновременно с сухой отработанной смесью для ее орошения в загрузочную воронку поступает вода.

В оттирочной машине пульпа гидросмеси доводится до концентрации 1:1 по массе. Оттирочная машина обеспечивает непрерывное выполнение в едином потоке всех операций гидроабразивной регенерации: пульпоприготовление, дробление, оттирку, промывку, классификацию и выпуск гидросмеси. Остатки крепителя, глинистая составляющая и другие загрязняющие примеси в виде пульпы удаляются из оттирочной машины через классифицирующую воронку и поступают в зумпф, из которого насосом 6 производительностью 30 м<sup>3</sup>/ч подаются в свечевой фильтр-пресс 1.

Оттертая гидросмесь через нижний патрубок, снабженный запорным клапаном, поступает в зумпф и насосом 5 перекачивается в гидроциклон 7. Нижний продукт гидроциклона поступает в спиральный классификатор 8 для обезвоживания, а его слив — в двухсекционный бетонный стстойник 10. Обезвоженный регенерат из спирального классификатора поступает в двухсекционный обезвоживающий бункер 9 на дополнительное обезвоживание. Кондиционный регенерированный песок грейферным краном подается на сушку. Из первой секции бетонного отстойника, снабженного дренающим слоем, отфильтрованная вода поступает во вторую секцию отстойника; оттуда осветлен-



ная вода забирается из верхних слоев насосом производительностью  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$  и перекачивается в систему оборотного водоснабжения. По мере накопления загрязняющих примесей в оборотной воде (вследствие малой эффективности процесса осветления через дренарующий слой) весь объем воды периодически с помощью насоса производительностью  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  перекачивается через фильтр-пресс 11. Образующиеся шламы из фильтр-прессов 1 и 11 самотеком попадают в первую секцию отстойника и по мере накопления удаляются грейферным краном в отвал.

Электрорегенерация основана на воздействии ударной волны на отработанные смеси, вызывающей появление напряжений сжатия и растяжения, под воздействием которых происходит не только дезинтеграция смесей, но и частичное удаление поверхностей пленок.

Обзор зарубежного опыта регенерации песка из отработанных смесей показывает, что выбор наиболее эффективного процесса базируется на предварительном изучении материалопотоков и оценке связующих /56/.

Процесс механической регенерации применяется фирмами Ca-Cast (США), Fordath (Англия), ВМД, Stolz (ФРГ).

Основой служит устройство для дробления, принимающее куски смеси после выбивки и размалывающее их в вибрационных дробилках или шаровых мельницах.

В случае необходимости оттирки пленки, используется пневморегенерация. Пневморегенераторы выпускают фирмы Beardsley Piper (США), Buderus, Whulen (ФРГ) Simpson (Швейцария), Sintokogio (Япония).

В процессе гидрорегенерации подготовленная к регенерации (дробление, магнитная сепарация, грохочение) смесь проходит промывку, оттирку пленок, вторичную промывку, затем сушку. Для промывок используют гидроциклоны с регулируемой песковой насадкой, для оттирки — многокамерные оттирочные машины фирмы Denver (США) каждая камера которых снабжена вертикальным валом с

двумя импеллерами. Регенерат обезвоживают с помощью центрифуг и сушат в разнообразных печах. Установки гидрорегенерации выпускает фирма FDC (Швейцария).

Особую трудность представляет получение регенерированных песков из отработанных песчано-глинистых смесей, пригодных к замене свежих в стержневых смоляных смесях. Это связано с трудностью удаления пленок шамотизированного бентонита с поверхности зерен. В данном случае рекомендуются комбинированные методы регенерации с двух- и трехступенчатыми схемами очистки зерен /56/.

Комбинированные методы регенерации используют для переработки отработанных смесей сложного состава. Фирма "Eirich" (ФРГ) запатентовала совмещенный аппарат термомеханической регенерации (рис. 33). Цилиндрическая камера 2 регенерации установлена под углом  $30^\circ$  к вертикали и вращается. В противоположную сторону вращается ротор 1, ось которого установлена эксцентрично и параллельно оси камеры. Ротор представляет собой вал с лопастями, линейная скорость вращения которых может достигать 30 м/с, а предпочтительная — составляет 10 м/с. За 30 с ротор разбивает куски до размера 300 мм. С помощью горелки 3 механически сжиженный материал взаимодействует с открытым пламенем. Для удобства обслуживания горелка и ротор откидные. Из верхней части камеры отсасывается запыленный газ.

Аппарат периодического действия. Материал загружают сверху, а разгружают через люк в днище камеры скребком.

#### 4.4. Отделение заливки и очистки

В последние годы в промышленности внедряются автоматические литейные линии (АЛЛ), разработанные ПК организациями отрасли Минавтотракторпрома (НИИТСХМ, ВНИИТМАШ) и линии зарубежных фирм.

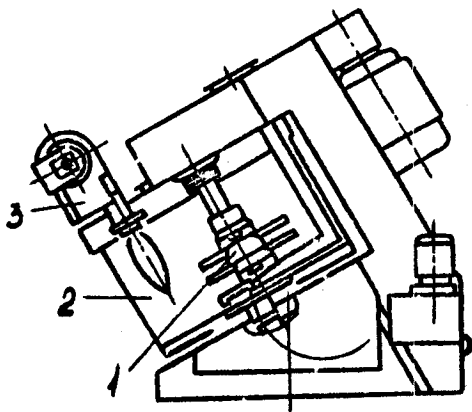


Рис. 33. Принципиальная схема совмещенного аппарата термомеханической регенерации фирмы "Eirich" (ФРГ) /56/

В табл. 34 приведены некоторые количественные характеристики выделений вредных веществ от участков и оборудования таких линий (по данным СПКИ г. Одессы) /9/.

В ФРГ в формы из смеси на синтетическом связующем при заливке в них чугуна вдвухается  $CO_2$  для создания в рабочей полости защитной атмосферы. Для поджигания газов, выделяющихся из форм при заливке, вдоль заливочного участка устанавливаются запальники. Аналогичные запальники возможны и на участке охлаждения форм. Защитная атмосфера позволяет снизить температуру заливки чугуна на  $50-100^\circ C$  и в результате сократить содержание противопригарных добавок в формовочных смесях на  $15-40\%$ , соответственно уменьшив вредные выделения из форм при заливке и охлаждении. Общее снижение газовой выделений из форм при использовании защитной атмосферы достигает  $35\%$  /42/.

Источником наибольших пыле- и газовой выделений является оборудование участков выбивки.

ПО "Орелхимтекстильмаш" выработана система пылеулавливания на одном из основных источников пыли — узле приема отработанной смеси от выбивных решеток. Система реализует аэродинамический метод пылеулавливания и гидродинамический метод очистки воздуха от пыли комплексно в одном устройстве "ОТУО-1" (рис. 34), которое представляет собой аспирационное укрытие, выполненное в виде трех сопряженных секций 1-3, имеющих общую отбортовку из горизонтального 8 и вертикального 9 элементов. В полости каждой секции установлены пневмораспылители 10, которые своими факелами перекрывают входные сечения секций. В передней части устройства вдоль боковых стенок по направлению движения транспортера установлены эжектирующие нагнетающие щелевые насадки 7, соединенные с вентилятором 6.

Пылевое облако над конвейером попадает в секцию 1, где организуется, благодаря конструкции этой сек-

Таблица 34

Количество выделяемых АЛЛ вредных веществ, г/кг годового литья /9/

| Линия, участок                    | Компоненты<br>стержневой<br>и формовочной<br>смеси              | Пыль | Оксид углерода | Фенол |
|-----------------------------------|---|------|----------------|-------|
| 1                                 | 2   | 3    | 4              | 5     |
| АЛЛ-96 НИИТСХМ<br>участок заливки | Песок<br>1К0200<br><br>сурик<br>катализатор<br>смола СФ411      | 0,07 | 0,09           | 0,09  |
| АЛЛ-40 "Тизар"<br>участок заливки | песок<br>1К0200<br>сурик<br>катализатор<br>"АМ"<br>смола ФФ-1СМ | 0,07 | 1,11           | 0,02  |



| 1  | 2  | 3  | 4    | 5    |
|--|--|--|------|------|
| АЛЛ "Генрих Вагнер"<br>охлаждающий кожух<br>участок формовки | Песок<br>1К0200<br>сурик<br>катализатор<br>смола СФ-411.         | -  | 2,7  | 0,02 |
| 145  | Песок 1К0200<br>глина формов.<br>крепитель<br>АКБЖ<br>бентонит   | 0,03                                       | 0,09 |      |
|  | АЛЛВ - 105<br>НИИТСХМ<br>охлаждающий<br>кожух<br>участок заливки | Песок 1К0315<br>керосин<br>смола<br>ПК-104 | 0,07 | 0,20 |

Окончание табл. 34

| 1                | 2  | 3 | 4    | 5    |
|------------------|--|---|------|------|
| участок формовки | Песок<br>1К0315<br>керосин<br>смола ПК 104 | - | 2,70 | 0,02 |

Примечание. - Вредное вещество отсутствует. Углеводороды (0,02 г/кг) выделяются на линии АЛЛВ-105 НИИТСХМ, охлаждающем кожухе.

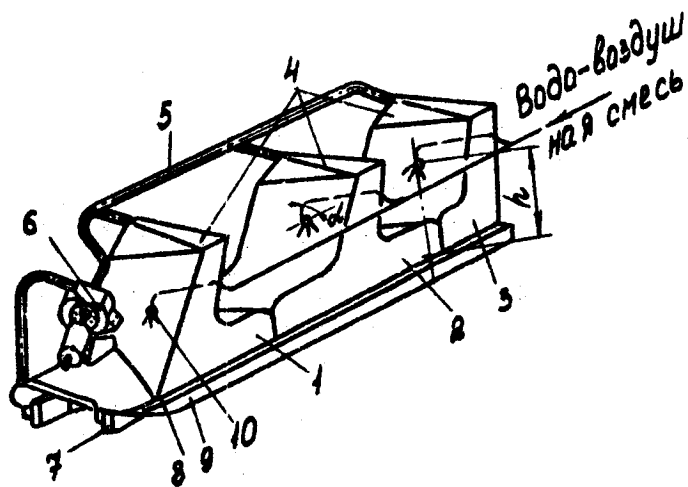


Рис. 34. Принципиальная схема устройства  
"ОТУО-1" /42/

ции, в компактный поток воздуха и орошается пневмо-распылителями 10. Пылевые частицы связываются между собой и со слоем транспортируемого материала, осажда-ясь на нем. В секции 2 пылевоздушный поток омывает-ся распыленной жидкостью и частицы осаждаются на ма-териал, поступаая в секцию 3. Всасываемый ею воздуш-ный поток окончательно устраняет остатки пылевыделения и охлаждает материал. В патрубках 4 завершается про-цесс очистки воздушного потока, направляемого затем че-рез коллектор 5 к вентилятору 6 и через насадки 7 воз-вращающегося в полость устройства.

Эффективность снижения концентрации пыли в воз-духе рабочей зоны устройства 99,5%. Остаточная запы-ленность составляет  $2 \text{ мг/м}^3$  при начальной -  $424 \text{ мг/м}^3$ .

#### 4.4.1. Вакуумное разрушение форм

В МАМИ (г. Москва) совместно с Саранским "Центролитом" разработана опытно-промышленная уста-новка вакуумного разрушения сырых форм с крестовина-ми в верхней опоке.

Метод вакуумного разрушения форм обладает пре-имуществами по сравнению с традиционной выбивкой на встряхивающих и инерционных решетках: является эколо-гически чистым, бесшумным. В основе его лежит исполь-зование энергии парогазовой смеси, образующейся в ре-зультате кипения воды в форме при резком снижении дав-ления в окружающем форму пространстве. Перепад давле-ния по высоте формы приводит к ее разрушению (рис. 35)

Герметизированная камера 1 посредством трубопро-водов через быстродействующий клапан 2 сообщается с ресивером 3, в котором вакуум-насосом 4 поддерживается необходимое разрежение. В исходном положении перед выбивкой камера 1 находится под атмосферным давлением а клапан разобщает камеру и ресивер. При выбивке ва-куумным разрушением форма помещается в камеру 1, ко-

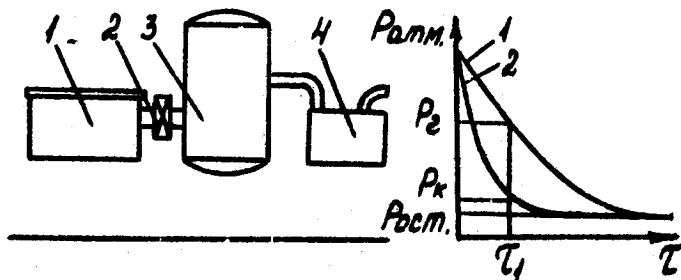


Рис. 35. Схема опытно-  
 промышленной установки  
 вакуумного разрушения  
 сырых форм с крестови-  
 нами в верхней опоре /42/

Рис. 36. Диаграмма из-  
 менения давления  $P$  в  
 форме за время  $\tau$  /42/

торая затем герметизируется. Открывая клапан 2, герметичную камеру сообщают с ресивером, и форму подвергают компрессии.

На диаграмме (рис. 36) показан характер изменения давления  $P$  в форме за время  $\tau$  при понижении давления в камере от атмосферного  $P_{атм}$  до остаточного  $P_{ост}$ . Вследствие затруднений фильтрации газа через смесь давление в некотором объеме формы, удаленном от ее поверхности (кривая 1), понижается медленнее, чем в камере (кривая 2), в результате чего между внутренними и наружными слоями формы создается перепад давлений  $P_{г} = P_{г} - P_{к}$ . При достаточных  $\Delta P$  и продолжительности его действия форма разрушается.

Пыль и газы, возникающие в камере, удаляются в ресивер. Улучшены санитарно-гигиенические условия труда.

#### 4.4.2. Усовершенствование циклонной пылеустановки на очистных операциях

Наиболее распространенные пылеулавливающие установки-циклоны на 80-90% очищают газы от пыли, содержащей частицы более 10 мкм. Для улавливания более мелких частиц применяют циклопы СКЦН-34, имеющие более высокие гидравлические потери.

В литейном цехе ПО АвтоЗАЗ "Коммунар" применена двухступенчатая циклонная установка для улавливания пыли от галтовочных барабанов с начальной запыленностью 1,6-26,4 г/м<sup>3</sup>. Степень пылеулавливания стандартных циклонов интенсифицирована за счет процесса коагуляции с помощью статического электричества. Электризатор, изготовленный из полиэтиленовой пленки, наклеенный на диэлектрический картон, вставляется в свернутом виде в трубу линии рециркуляции, заряжает частицы менее 5 мкм. Частицы сближаются, коагулируются и улавливаются циклоном. В результате средняя степень пылеулавливания - 97,5% /67/.

При очистке литья дробеструйным методом образуется пыль, содержащая 92–94% свободного диоксида кремния, дисперсность которого у 72% частиц менее 5 мкм. Ее концентрация на выходе из циклонов типа ЛТЗ в чугунолитейном цехе составляет в среднем  $1000 \text{ мг/м}^3$ , в сталелитейном –  $412 \text{ мг/м}^3$ .

В целях снижения концентрации пыли на выходе из циклонов ЛТЗ завод "Южгидромаш" (г. Мариуполь) разработал и эксплуатирует вторую ступень очистки воздуха-пылеуловитель ФН с разъемно-волоконистой регенерируемой насадкой из волокон типа "лавсан".

Установка (рис. 37) состоит из циклона ЛТЗ и пылеулавливателя 2 ФН. Пылеулавливатель выполнен в виде стального корпуса, в котором смонтирован шток 3, разъемно-волоконистая насадка 4, выхлопная труба 5, вибратор 6, трос 7, верхняя 8 и нижняя 9 перфорированные решетки, сделаны смотровой люк 10 и лаз 11. В циклоне имеется патрубок 12 и ручная лебедка 13.

Запыленный воздушный поток из дробеструйной камеры по патрубку 12 поступает в циклон 1, где очищается от крупных пылевых частиц. Мелкие частицы пыли воздушным потоком из циклона поступают снизу в пылеулавливатель ФН, сталкиваются с волокнами, остаются в них и выводятся из воздушного потока.

Эффективность улавливания пыли и сопротивление разъемно-волоконистой насадки можно регулировать сжатием фильтрующей насадки 4, которое осуществляется нижней подвижной решеткой 9 через шток 3, трос 7 с помощью лебедки 13. Из пылеуловителя ФН очищенный от пыли воздух выбрасывается в атмосферу через трубу 5.

По достижении аэродинамического сопротивления  $1000 \text{ Па}$  фильтрующая насадка пылеуловителя ФН подвергается регенерации, для чего вентилятор системы выключают, нижнюю подвижную решетку 9 с помощью лебедки 13 опускают на всю длину волокон. Затем вибратор 6

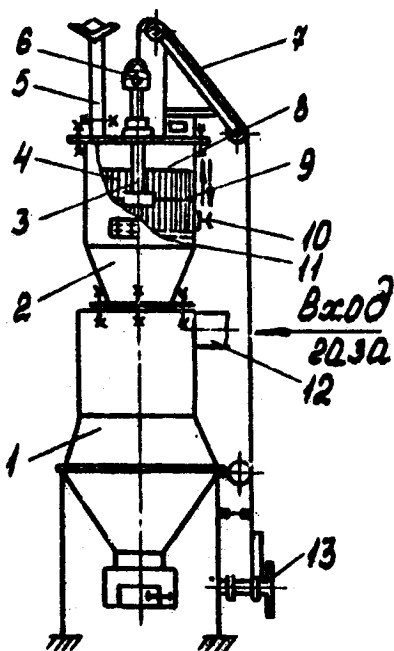


Рис. 37. Пылеуловитель ФН /42/



включают на 1-3 мин и по окончании регенерации снимают фильтрующую насадку. Межрегенерационный период зависит от концентрации пыли в воздухе, поступающем на очистку, и пылеемкости фильтра.

Установка второй ступени очистки позволила снизить до 10-15 мг/м<sup>3</sup> концентрацию пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу. Эффективность очистки воздуха 99,2-99,5%. Межрегенерационный период фильтрующей насадки, как показала практика эксплуатации пылеуловителя ФН, равен 24-25 ч /42/.

Существенное снижение запыленности воздуха литейных цехов можно обеспечить, используя новые методы очистки литья - гидроструйный и электрогидравлический. Последний обеспечивает почти полную очистку отливки от пригара и выбивку стержней любой прочности, благодаря чему отпадает необходимость в пневматическом ручном инструменте.

Одна из мер устранения силикоопасной пыли при очистных работах - электроконтактная зачистка и зачистка трением (стальными дисками) с предварительной очисткой отливок от пригара.

#### 4.4.3. Утилизация шлама

Использование шлама, образующегося после очистки отливок, для производства шлакощелочных вяжущих на ПО "Электростальгяжмаш" имеет большое природоохранное значение и позволяет создать безотходную технологию. Химические и электрохимические методы очистки отливок от остатков керамики, окалины, пригара в расплаве щелочей эффективны, но в результате образуются различные соединения, оседающие на дне ванны в виде шлама. Шлам периодически удаляется, нейтрализуется и, как правило, выбрасывается в отвалы.

Щелочесодержащий шлам был использован для производства шлакощелочных цементов, получаемых тонким

измельчением гранулированных шлаков. Шлам после дробления растворяется в воде до получения 20%-го щелочного раствора и применяется в качестве затвердителя бетонных смесей.

Использование щелочесодержащих отходов дает возможность получить эффективный цемент марки 500-700 при термовлажностной обработке изделий /66/.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературы показал, что на любом участке литейного производства, а также предприятия в целом, имеются технологические процессы, которые можно в большей или меньшей степени экологизировать, т. е. сделать менее вредными для окружающей среды.

Однако анализ работы обеспыливающего оборудования, являющегося основным в литейных производствах, показал, что их эффективность изменяется от 35 до 98%, т. е. степень очистки не обеспечивает достижение ПДК пыли в зоне дыхания.

При увеличивающейся химизации литейного производства технологически удается сократить количество пылевых выбросов, но газовые выбросы таких процессов отличаются сложностью состава. Отсутствуют методы обезвреживания вредных выбросов, доведенные до промышленного внедрения, их очистки.

Отсутствуют и санитарные нормы на содержание токсичных веществ в твердых отходах, вывозимых на свалку. Основным критерием служит присутствие опасных веществ, независимо от концентрации.

Разрабатываемые и внедряемые в литейных цехах малоотходные и безотходные технологии в основном направлены на экономию материальных ресурсов, повышение качества изделий с недостаточным учетом экологии.

Расширению масштабов внедрения безотходных технологий, экологически чистых производств в немалой степени препятствует отсутствие научно обоснованных методик экономического определения ущерба от вредных выбросов, а также эффективности природоохранных мероприятий, в которую как составная часть входила бы методика расчета экономической эффективности переработки промышленных отходов.

Кроме того, внедрение природоохранных мероприятий требует совершенствования плановых показателей по использованию отходов, а также методов повышения экономической заинтересованности работников промышленности в подготовке отходов к последующей переработке, сокращении объемов отходов, ликвидации угрозы поверхностным и подземным водам, высвобождении земельных площадей, необходимых для сельского и лесного хозяйства, жилищного строительства.

В мировом литейном производстве не просматриваются принципиально новые технологические процессы в основных переделах. Модернизируются литейные машины, внедряются новые материалы, вспомогательная техника, автоматизация управления процессами, линиями и т. п.

Положение, которое сложилось в литейном производстве СССР, по большинству показателей хуже, чем на Западе /68/. Объем выпуска отливок у нас выше, чем в США, Японии, ФРГ вместе взятых, тогда как объем машиностроительной продукции в этих странах значительно превышает наш. Следовательно, у нас более 300 000 человек занято тяжелым ручным трудом в запыленной и токсичной среде. Это связано с острейшим дефицитом литейного оборудования, материалов. Централизованное производство литейных машин в СССР на 1 т выпускаемых отливок в 3-3,5 раза меньше, чем в США или ФРГ.

Радикальное улучшение обстановки в литейном производстве и решение экологических требований в нем мо-

жет происходить только одновременно с общим процессом оздоровления экономики в стране, с поворотом общественного сознания на составление и финансирование программы оздоровления среды обитания.

По данным Госкомприроды СССР и Бюро экономического анализа министерства торговли США /69/, в 1987 г. в СССР на охрану окружающей среды израсходовано 16,28 млрд долларов (в том числе 2,08 млрд — на охрану воздушной среды, 10,3 млрд — на охрану вод), в США — 81,06 млрд долларов (в том числе 31,8 млрд — на охрану воздуха и 32,5 млрд — на охрану вод). Удельный вес наших расходов на природоохранные цели в национальном доходе страны составляет 1,6%, в США — 2,2%. В 1990 г. в Советском Союзе выделено 13,3 млрд р. на цели экологического контроля.

Однако этим дело не ограничивается. Удовлетворение экологических потребностей, интересы сохранения среды обитания ставят на повестку дня вопрос о необходимости свертывания ряда производств и прекращения выпуска и использования определенных видов продукции. В связи с этим экологические потребности нередко конфликтуют с традиционными материальными потребностями.

Кардинальное решение проблемы сочетания экологических и экономических целей в конечном счете заключается в переходе в масштабах всего народного хозяйства к принципиально новой модели природоиспользования. Ее основными параметрами должны быть: рациональное размещение производительных сил, экономия природных ресурсов, повсеместное внедрение и использование экологически чистых технологий /69/.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методика определения валовых выбросов в атмосферу от основного технологического оборудования предприятий автомобильной промышленности. - М.: ГИПРОАВТОПРОМ, 1985. - 7 с.
2. Оздоровление воздушной среды машиностроительных предприятий: Материалы семинара. - М.: Машиностроение, 1987. - С. 2.
3. Парасюк П.Ф. и др. Снижение содержания газа и пыли в атмосфере литейного цеха: Реф. сб. - М.: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1976. - (Сер. Организация и механизация литейного производства. Вып. 7).
4. Сазонов Э.В. Отопление и вентиляция промышленных цехов КИСИ. - Куйбышев, 1978. - 130 с.
5. Методические указания по расчету валовых выбросов веществ в атмосферу предприятия и химического машиностроения. - М.: НИИОГАЗ, 1984. - 20 с.
6. Рекомендации по выбору схем очистки от пыли вентиляционных выбросов стале- и чугунолитейных цехов / СПКИ. - Одесса, 1975. - С. 62.
7. Лазаренков А.М. Состояние и пути улучшения охраны труда и окружающей среды в литейном производстве. - Минск, 1989. - 108 с.
8. Синчугов Ю.Д., Сандалов А.В. и др. Газовыделения литейных связующих теплового отверждения // Литейн. пр-во. - 1987. - N 8. - С. 30.
9. Исследование качественных и количественных характеристик вентиляционных выбросов нового технологического оборудования / СПКИ. - Одесса, 1981.
10. Методические рекомендации по снижению загазованности в литейном производстве / ВНИИОТ ВЦСПС. - Свердловск, 1984. - 24 с.
11. Исследование качественных и количественных характеристик вредностей, выделяющихся при введении новых технологических процессов литейного производства / СПКИ. - Одесса, 1980.

12. Методические указания по улучшению условий труда на основных участках литейных цехов при изготовлении отливок с применением оболочковых форм из сухих смоляно-песчаных смесей / ВНИИОТ ВЦСПС. - Свердловск, 1979. - 16 с.

13. Каталог рекомендуемых технических решений по вентиляции сталечугунолитейных, кузнечно-штамповых и термических цехов отрасли / СПКИ. - М.: СПКИ МТСХМ, 1983.

14. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справочник / Под ред. Колверта С. - М.: Металлургия, 1988. - 710 с.

15. Дубинская Ф.Е. и др. Очистка газочугунолитейных вагранок: Обзор. информация. - М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1978. - 10 с.

16. Переработка отходов литейного производства (тематическая подборка) // Литейн. пр-во. - 1987. - N 5. - С. 9-30.

17. Соيفер В.М. Выплавка стали в кислых электропечах. - М.: Металлургия, 1987. - С. 120.

18. Укрития и местные отсосы для оборудования изготовления оболочковых форм конструкции НИИТракторосельхозмаш / СПКИ. - Одесса, 1980.

19. Козырев Г.В. Охрана окружающей среды на предприятиях Сельхозмаша: Методические рекомендации. - Ростов-н/Д, 1986. - 12 с.

20. Санитарно-гигиенические и экологические проблемы в литейном производстве: Материалы отрасл. конф. - М.: ЦНИИАвтотракторопром, 1981. - 127 с.

21. Минко В.А., Кулешов М.И. Обеспыливание в литейных цехах машиностроительных предприятий. - М., 1987. - 129 с.

22. Паустовская В.В. Основные пути оптимизации гигиенических условий труда в машиностроении. - Киев, 1985. - 175 с.

23. Руководство по гигиене атмосферного воздуха / Под ред. Бушуевой К.А. - М.: Медицина, 1976. - 136 с.

24. Меренюк Г.В. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. - Кишинев: Медицина, 1984. - 120 с.

25. Вредные вещества в промышленности: Справочник. - М.: Химия, 1977. - 624 с.
26. Гильденскиольд Р.С., Недогибченко М. К., Пинигин М. А. Санитарная охрана атмосферного воздуха городов. - М.: Медицина, 1976. - 210 с.
27. Медведев В.Р. Совершенствование охраны атмосферного воздуха от загрязнения: Обзор. информация. - Минск, 1988. - (Сер. Охрана окружающей среды. Вып. 4).
28. Природоохранная работа на промышленном предприятии. - Киев: Техніка, 1986. - 235 с.
29. Эльпинер Л.И. Водные ресурсы СССР и здоровье населения. - М., 1984. - 115 с.
30. Рандольф Р. Что делать со сточными водами.- М.: Стройиздат, 1976. - 130 с.
31. Стадницкий Г.В., Фодионов А.И. Экология. - М.: Высш. школа, 1988. - 272 с.
32. Правила складирования отходов литейного производства: Метод. рекомендации / ВНИИОТ. - Свердловск, 1988. - 23 с.
33. Жетуш Я. Исследования вредных для окружающей среды отходов литейного производства. - Краков, 1987. - 158 с.
34. Козырев Г.В. Охрана окружающей среды на предприятиях Минсельхозмаша. - Ростов н/Д, 1986. - 103 с.
35. Экологические проблемы получения алюминия из вторсырья в ФРГ: ЭИ. - М.: ВНИИЦветмет экономики и информации. - 1989. - 3 с. - (Сер. Охрана окружающей среды на предприятиях цветной металлургии. Вып. 9).
36. Беспалов В.И., Василенко В.П. Обеспыливание тракта транспортирования отработанной формовочной смеси // Литейн. пр-во. - 1989. - N 12. - С 20.
37. Муравьева Л.М., Слепцов С.В. Нормализация воздушной среды на формовочных и стержневых участках // Машиностроитель. - 1989. - N 7. - С. 15.
38. Макаров Е.Т., Пушенко С.Л. Повышение эффективности защиты от пыли в литейных цехах // Литейн. пр-во. - 1985. - N 4. - С. 27.

39. Бенсман Г.Л., Еленский Ф.З. и др. Утилизация пыли литейных цехов // Машиностроитель. - 1988. - N 7. - С. 13.
40. Комплексная переработка отходов литейного производства. - М.: НИИМАШ, 1983.
41. Проблемы утилизации промышленных отходов в строительстве: Тез. Всесоюз. науч.-техн. конф. - Красноярск, 1988. - С. 21.
42. Бухаров И.И., Немцов Н.С. и др. Очистка воздуха от пыли дробеструйных камер // Литейн. пр-во. - 1988. - N 8. - С. 28-29.
43. Глуховский В.Д. Производство изделий и конструкций из шлакощелочного бетона // Строительство и архитектура. - 1988. - N 3. - С. 124.
44. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. - М.: Стройиздат, 1988. - С. 191.
45. Березуцкий В.В. Локальные установки для очистки промышленных стоков // Машиностроитель. - 1989. - N 1. - С. 20.
46. Исследование и разработка руководящей документации на устройство оборотного водоснабжения / СПКИ. - Одесса, 1986. - 42 с.
47. Березуцкий В.В. Электрокоагуляционная очистка сточных вод предприятия // Машиностроитель. - 1989. - N 3. - С. 10.
48. Кузнецов В.П., Богомазов А.В. Автоматизированная линия для производства отливок вакуумнопленочной формовки // Литейн. пр-во. - 1988. - N 7. - С. 22.
49. Антипова Г.Г. Сравнительная оценка условий труда и состояния здоровья работников стержневых отделений при использовании холоднотвердеющих и традиционных стержневых смесей: Сб. науч. работ / ИОТВУ ВЦСПС. - М.: Профиздат, 1980.
50. Гюлланд Й., Фейндлер Я. Опыт проектирования обеспыливающей техники для литейного предприятия. - Лейпциг, 1983.



51. Глуховский В.И., Худокормов Д.Н. Мокрый пылеуловитель с пневмогидравлической системой орошения // Литейн. пр-во. - 1989. - N 8. - С. 30.
52. Бугаев В.П., Демченко В.Д. и др. Установки для дожигания окиси углерода в трубе вагранки // Литейн. пр-во. 1985. - N 8. - С. 32.
53. Конюх В.Я., Асонин В.П. и др. Обезвреживание выбросов индукционных плавильных печей // Литейн. пр-во. 1985. - N 9. - С. 26.
54. Foundry Management Technology. - 1985. - N 9. - P. 55.
55. Добров А.И., Малеев А.И. Устройство отборов газов от сталеплавильных печей // Машиностроитель. - 1987. - N 5. - С. 12.
56. Переработка отходов литейного производства. Тематическая подборка // Литейн. пр-во. - 1987. - N 5. - С. 9-30.
57. Козлов Л.Я. С работе Международной комиссии "Защита окружающей среды от отходов литейного производства // Литейн. пр-во. - 1985. - N 5. - С. 37.
58. Новые процессы изготовления стержней в массовом производстве ( тематическая подборка) // Литейн. пр-во. 1989. - N 17. - С. 9-35.
59. Санитарно-гигиенические и экологические проблемы в литейном производстве: Материалы конф. - М., 1981. - С. 60.
60. Щербакова М.Н. Автоматические формовочные линии: ЭИ. - М.: Тракторсельхозмаш, 1989. - 7 с. ( Сер. Технология. Вып. 17).
61. Бурман П.Н. Состояние и тенденции выпуска отливок за рубежом // Литейн. пр-во. - 1985. - N 9. - С. 37.
62. Николас К.Э.Л. Новые способы применения подiakрилатных смол в качестве связующих // Литейн. пр-во. - 1988. - N 3. - С. 12.
63. Корзон А.И., Ляпкин А.А. Проблемы экологии и пути их решения в литейном производстве // Литейн. пр-во. - 1988. - N 3. - С. 2.

64. Козлов Л.Я. Использование шлаковых отходов в формовочных смесях за рубежом // Литейн. пр-во. - 1988. - N 1. - С. 21.

65. Оборудование для регенерации песков из отработанных формовочных смесей. - Челябинск, 1986. - 7 с.

66. Розов В.В. Гидрорегенерация отработанных смесей литейного производства // Литейн. пр-во. - 1984. - N 7. - С. 18.

67. А.с. 904748 СССР, МКИ В 01 D 50/00. Пылеулавливающая установка / Авт.: В.П. Лукьянов, А.С. Ситник, В.П. Бугаев, Нижниковский Ю.И. - Заявл. 20.11.79; Оpubл. 15.02.82. - Б.и., 1982. - N 6.

68. Жуковский С.С. О задачах Всесоюзной ассоциации литейщиков // Литейн. пр-во. - 1989. - N 12. - С. 2.

69. Маклярский В. Экология и экономика // Аргументы и факты. - 1990. - N 17.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ. . . . .  | 3  |
| Глава 1. ТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУ-<br>ДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ПРОИЗВОДСТВ. .   | 5  |
| 1.1. Стальное и чугунное литье в песчаные<br>формы. . . . .  | 5  |
| 1.1.1. Смесеприготовительное отделение   | 5  |
| 1.1.2. Изготовление форм и стержней. .   | 13 |
| 1.1.3. Выбивка опок и стержней. . . . .  | 18 |
| 1.1.4. Очистка, обрубка и зачистка от-<br>ливок. . . . .   | 18 |
| 1.1.5. Плавка чугуна в вагранках и ин-<br>дукционных печах. . . . .  | 27 |
| 1.1.6. Плавка чугуна в электрических<br>печах. . . . .   | 30 |
| 1.1.7. Выплавка стали в дуговых электро-<br>печах. . . . .   | 30 |
| 1.2. Литье по выплавляемым моделям. . . .  | 39 |
| 1.3. Литье из алюминиевых сплавов. . . . .   | 42 |
| Глава 2. ТОКСИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗО-<br>ВЫХ, ЖИДКИХ, ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ЛИ-<br>ТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ ВЛИЯНИЯ<br>НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. . . . . | 53 |
| 2.1. Газообразные вредные вещества. Пыль .   | 57 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 2.1.1.   | Воздействие составляющих газообразных веществ на здоровье человека. . . . .   | 58  |
| 2.1.2.   | Канцерогенность вредных веществ, загрязняющих атмосферу. . . . .  | 61  |
| 2.1.3.   | Влияние газов на растения. . . . .  | 62  |
| 2.2.     | Влияние жидких отходов на окружающую природу. . . . .   | 63  |
| 2.3.     | Влияние твердых отходов на окружающую среду. . . . .  | 64  |
| Глава 3. | ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ, УЛАВЛИВАНИЕ, РЕКУПЕРАЦИЯ ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ. . . . . | 69  |
| 3.1.     | Очистка отходящих газов. . . . .  | 69  |
| 3.2.     | Очистка от пыли и ее утилизация. . . . .  | 71  |
| 3.3.     | Утилизация твердых отходов. . . . .   | 85  |
| 3.4.     | Очистка сточных вод и утилизация выбросов. . . . .  | 88  |
| 3.5.     | Санитарно-защитные зоны. . . . .  | 94  |
| Глава 4. | ПРИМЕРЫ ПРОГРЕССИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ, МАЛОУТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. . . . .        | 95  |
| 4.1.     | Вентиляционные системы литейных производств. . . . .  | 95  |
| 4.2.     | Плавильные отделения. . . . .   | 100 |

|                     |  |     |
|---------------------|--|-----|
| 4.2.1.              | Чугунолитейное производство. . .   | 100 |
| 4.2.2.              | Сталелитейное производство. . . .  | 109 |
| 4.2.3.              | Подогрев шихты. . . . .  | 111 |
| 4.2.4.              | Очистка пылегазовых выбросов при<br>плавке цветных металлов. . . . .     | 116 |
| 4.3.                | Отделение формообразования. . . . .                                      | 117 |
| 4.3.1.              | Пневмоимпульсная формовка. . . .   | 117 |
| 4.3.2.              | Вакуумно-пленочная формовка. . .   | 118 |
| 4.3.3.              | Автоматические формовочные линии<br>(АФЛ). . . . .                       | 121 |
| 4.3.4.              | Холоднотвердеющие смеси (ХТС). .   | 125 |
| 4.3.5.              | Очистка газов при изготовлении<br>стержней в нагреваемой оснастке        | 126 |
| 4.3.6.              | Регенерация отработанных смесей  | 128 |
| 4.4.                | Отделение заливки и очистки. . . . .                                     | 141 |
| 4.4.1.              | Вакуумное разрушение форм. . . .   | 148 |
| 4.4.2.              | Усовершенствование циклонной пыле-<br>установки на очистных операциях. . | 150 |
| 4.4.3.              | Утилизация шлама. . . . .  | 153 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ. . . . . |  | 154 |
| ЛИТЕРАТУРА. . . . . |  | 157 |

**Раиса Григорьевна Гайдамака**

**Воздействие литейных производств машиностроительных предприятий на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба**

**Аналитический обзор**

**Художник В.Н. Лебедев**

**Подписано в печать 10.03.92 г.**

**Формат 60x84/16. Бумага типогр. Ротапринт.**

**Усл. печ. л. 10,3. Уч-изд. л. 7,2**

**Тираж 300 экз. Заказ N 1357. Цена 8 руб.**

**ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, Восход 15.**

**Типография ГПНТБ СО РАН. Новосибирск,**

**пр. К. Маркса, 2.**