

Величина незаполненного объема полезной высоты вагранки $h_{\text{за}}$ определяется конструкцией устройства для замера уровня шихты в вагранке и принимается равной 0,3 м.

Таким образом, полезная высота вагранки составляет

$$H_{\text{п}} = h_{\text{пл}} + h_{\text{плш}} + 0,3 \text{ м.}$$

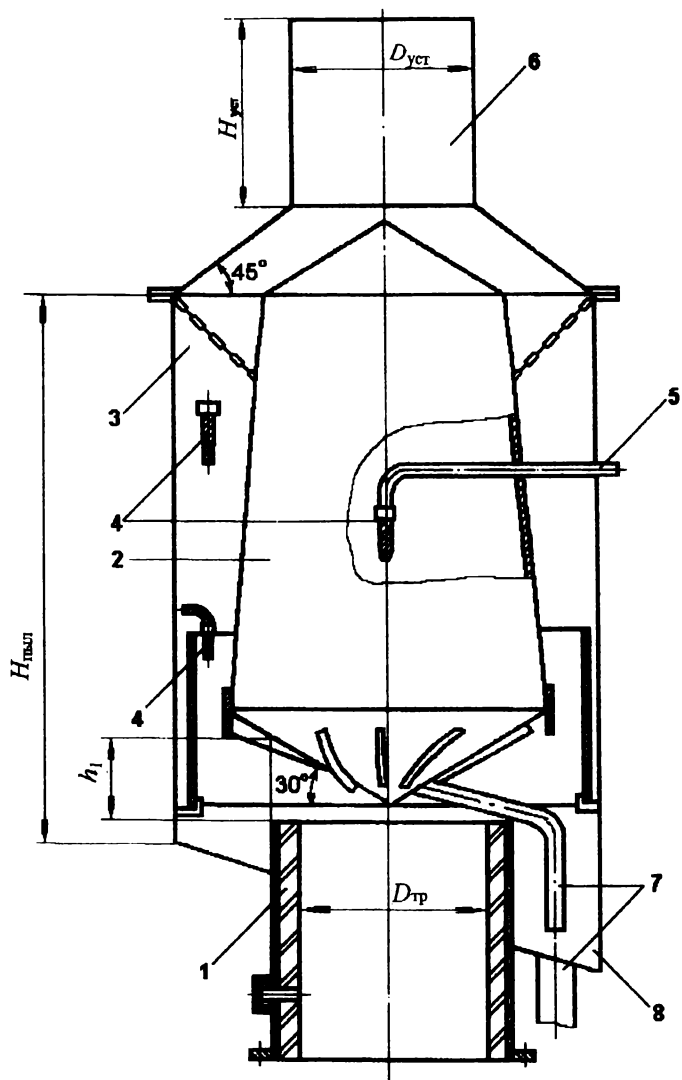
**В.Б. Поль,
Д.А. Черезов**

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ ПРОЦЕССА ПЛАВКИ ЧУГУНА В КОКСОВЫХ ВАГРАНКАХ

При производстве чугунных отливок из обычных марок серого чугуна основным плавильным агрегатом остается коксовая вагранка. Наряду с обеспечением необходимых технологических характеристик расплава (химического состава и температуры перегрева чугуна), служащих основой для получения годных отливок, немаловажное значение в настоящее время имеет экологическая чистота процесса плавки.

При плавке чугуна в коксовых вагранках происходит образование пылегазовой смеси, которая выбрасывается в окружающую среду. Она состоит из мелких частичек пыли (в основном кокса, золы, известняка, окалины и оксидов) и газовых компонентов (CO_2 , CO , SO_2 , N_2). Присутствие в составе ваграночных газов CO и SO_2 , а также пыли существенно ухудшает экологическую обстановку в районе расположения вагранок, оказывая вредное воздействие как на природу, так и на человека.

Наиболее эффективным и простым агрегатом по очистке ваграночных газов в настоящее время следует считать мокрый пылеосадитель, конструкция которого разработана в лаборатории НИЛОГАЗ Белорусского политехнического института (рисунок). Пылеосадитель устанавливается на дымовой трубе вагранки 1. В его состав входят: наружный корпус 3, внутренний обтекатель 2, система водяных форсунок 4, система подвода воды 5 к форсункам, сливные трубы 7, устье осадителя 6 и наклонная донная часть 8. Подвод воды к форсункам осуществляется из кольцевых коллекторов с установкой на подводящих патрубках: клапанов. Ду40, Ду20 и



Мокрый пылеосадитель:

- 1 – труба вагранки; 2 – внутренний обтекатель; 3 – наружный корпус;
 4 – система водяных форсунок; 5 – система подвода воды; 6 – устье осадителя; 7 – сливные трубы; 8 – донная часть

манометров. Водоснабжение пылеуловителя осуществляют в режиме замкнутого цикла с помощью водяного насоса, подающего воду из отстойного бака, состоящего из трех-четырех проточных секций.

Поток пылегазовой смеси, выходящий из трубы вагранки, ударяется о нижнюю лобовую поверхность обтекателя, который устанавливается по оси трубы вагранки и охлаждается водой изнутри с помощью форсунки, неиспарившаяся вода стекает по патрубку в сливную трубу. Поток изменяет направление движения, в том числе за счет направляющих ребер, приваренных к нижней конической части обтекателя, и поступает в достаточно широкий зазор между обтекателем и верхним срезом трубы. Вследствие потери скорости потока в зазоре и изменения направления движения крупные частицы пыли выпадают из потока и осаждаются на наклонной донной части пылеуловителя, откуда смываются потоком воды в отстойную секцию оборотного водоснабжения. Частично обеспыленный поток поступает в зазор между корпусом и обтекателем, где за счет распыления воды форсунками создается поле тонкораспыленной воды. В этой зоне происходит смачивание мелкой пыли, ее коагуляция и выпадение укрупненных включений из потока на наклонную донную часть с последующим смывом через сливную трубу. Одновременно в этой зоне происходит частичное растворение CO и SO₂ в распыленной воде. Очищенный от пыли и газов поток удаляется через устье в окружающую среду.

Эффективность очистки ваграночных выбросов с использованием мокрого пылесадителя подтверждается опубликованными данными по их практическому применению на ряде предприятий (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика ваграночных выбросов

Параметр	Производительность вагранки, т/ч		
	3	5	10
Количество отходящих газов, м ³ /с	3,2–4,1	5,3–6,8	10,6–13,7
Максимальная концентрация вредных веществ в отходящих выбросах на выходе из трубы вагранок, мг/м ³ , в том числе:			
пыли	3,9/0,3	3,8/0,3	3,6/0,27
оксида углерода (CO)	57/1,4	55,4/1,4	52/1,34
диоксида серы (SO ₂)	0,39/0,07	0,4/0,07	0,4/0,07

Примечание. В числителе – с применением сухого пылесадителя; в знаменателе – с применением мокрого пылесадителя.

Общие технические характеристики мокрых пылеуловителей для вагранок различной производительности находятся в следующих пределах:

- гидравлическое сопротивление 100 – 500 Па;
- общий расход воды 9 – 10 м³/ч;
- рабочее давление воды 0,3 – 0,4 МПа;
- потери воды на испарение 3 – 5 %;
- количество очищаемых газов 6000 – 9000 м³/ч;
- температура газов на входе в пылеуловитель 400 – 600 °С ;
- температура газов на выходе из пылеуловителя 100 – 150 °С ;
- степень очистки от пыли 80 – 95 % .

Содержание пыли, газов CO, SO₂ в ваграночных выбросах в атмосферу после мокрого пылеосадителя должно удовлетворять требованиям СН 245–71 и приведенным в списке № 386–84, утвержденным Главным санитарным врачом СЭС от 27.08.84 г. для разовых выбросов от единичного источника. Данные по предельным допустимым концентрациям (ПДК) пыли, газов CO и SO₂ в атмосферном воздухе приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения ПДК	
Вещество	ПДК, мг/м ³ [С _м]
Нетоксичная пыль	0,5 – 0,15
Оксид углерода (CO)	3,0 – 1,0
Диоксид серы (SO ₂)	0,5 – 0,05

Расчет конструктивных параметров мокрого пылеосадителя

Расчет размеров мокрого пылеосадителя основывается на знании количества отходящего пылегазового потока из вагранки. Для нормальных условий работы коксовой чугунолитейной вагранки, обеспечивающих достаточно устойчивый режим горения кокса и плавления металла, общий расход дутья Q_d определяется из выражения

$$Q_d = 60 q F_b, \quad (1)$$

где q – удельный расход дутья в м³/мин на 1 м² площади поперечного сечения вагранки, который рекомендуется принимать в пределах 120 – 150 м³/м² мин;

F_b – площадь поперечного сечения вагранки (рабочего пространства по внутреннему диаметру футеровки), м².

Количество ваграночных газов $Q_{\text{газ}}$ ($\text{м}^3/\text{с}$), образовавшихся в результате горения углерода и серы кокса, может быть определено по упрощенной формуле

$$Q_{\text{газ}} = Q_{\text{к}} \cdot \alpha \cdot n / 3600, \quad (2)$$

где α – коэффициент избытка воздуха, учитывающий подсос воздуха через завалочное окно, $\alpha=1,1$ (принимается);

n – коэффициент, учитывающий увеличение количества газов, образующихся при дожигании оксида углерода, в вагранках со вторичным дутьем $n=1,15$.

Скорость пылегазового потока в трубе вагранки $V_{\text{газ}}$ ($\text{м}/\text{с}$) составит

$$V_{\text{газ}} = Q_{\text{газ}} / F_{\text{тр}},$$

где $F_{\text{тр}}$ – площадь поперечного сечения трубы вагранки (по внутреннему диаметру огнеупорной футеровки трубы), м^2 .

Исходя из закона постоянства потоков при установившемся режиме, определяется высота зазора h_1 , между верхним срезом трубы вагранки и днищем обтекателя (с учетом поворота потока на угол $\alpha=30^\circ$), т.е.

$$V_{\text{газ}} \cdot F_{\text{тр}} = V_{\text{звз}} \cdot F_{\text{звз}} \text{ или } V_{\text{газ}} \cdot \pi D_{\text{тр}}^2 / 4 = V_{\text{звз}} \cdot \pi D_{\text{тр}} \cdot h_1,$$

откуда

$$h_1 = V_{\text{газ}} \cdot D_{\text{тр}} / (4 V_{\text{звз}}). \quad (3)$$

Для обеспечения осаждения крупных фракций пыли в зазоре скорость $V_{\text{звз}}$ не должна превышать 1,5–2,0 $\text{м}/\text{с}$. Диаметр обтекателя в наиболее широкой части $D_{\text{обт}}$, должен быть больше наружного диаметра трубы вагранки примерно на 0,4 м. Внутренний диаметр пылеосадителя выбирают из выражения $D_{\text{ин}}=(2-3) D_{\text{в}}$, а его высота должна составлять $H_{\text{пыл}}=(3-5) D_{\text{в}}$.

При контакте ваграночных выбросов с водоохлаждаемым коническим днищем обтекателя, а также за счет частичного испарения тонкораспыленной воды в зазоре между обтекателем и внутренним диаметром цилиндрического корпуса пылеосадителя $D_{\text{вт}}$ температура выбросов снижается до $t_{\text{выб}}$, т.е. до 100–150 $^\circ\text{C}$. Объемный расход ваграночных газов при этом составит $Q_{\text{газ}}^{\text{окл}} = Q_{\text{газ}} (1 + \frac{t_{\text{выб}}}{273})$, $\text{м}/\text{с}$. Скорость охлажденных и очищенных в зазоре между обтекателем и корпусом пылеосадителя составит $V_{\text{газ}}^{\text{окл}} = Q_{\text{газ}}^{\text{окл}} / F_{\text{газ}}^{\text{окл}}$, $\text{м}/\text{с}$. Диаметр верхней части обтекателя для улучшения

процесса обеспыливания рекомендуется уменьшить примерно на 0,2 м по сравнению с диаметром обтекателя в наиболее широкой его части, т.е.

$$F_{\text{зс}}^{\text{охла}} = \frac{\pi}{4} [D_{\text{вн}}^2 - (D_{\text{онт}} - 0,2)^2].$$

Скорость потока газов в зазоре с распыленной водой должна находиться в пределах 3,0–3,5 м/с. Угол наклона конфузора (верхней конической части корпуса пылеуловителя) обычно принимают равным 45°, а диаметр устья пылеуловителя при его высоте не менее 400 мм определяется из уравнения

$$Q_{\text{гвз}}^{\text{охла}} = V_{\text{уст}} \cdot F_{\text{уст}} = V_{\text{уст}} \cdot \pi D_{\text{уст}}^2 / 4 \quad \text{или} \quad D_{\text{уст}} = 2 \sqrt{Q_{\text{гвз}}^{\text{охла}} / (\pi \cdot V_{\text{уст}})}. \quad (4)$$

Скорость потока в устье $V_{\text{уст}}$ должна составлять не менее 8 м/с.

Расчет системы охлаждения мокрого пылеосадителя

При расчете системы охлаждения исходят из условия орошения внутренней поверхности пылеуловителя путем создания условий, исключающих разрыв пленки воды толщиной не менее 0,3 мм. Для этого требуется обеспечить расход воды не ниже $Q_{\text{мин}}^{\text{оод}} = 0,14\pi \cdot D_{\text{вн}}^{\text{оод}} \cdot 10^{-3}$ м/с. Неразрывность водяной пленки обеспечивается при условии

$$Q_{\text{сск}}^{\text{оод}} = 3Q_{\text{мин}}^{\text{оод}}. \quad (5)$$

Исходя из расхода воды, определяют диаметры подводящих труб и труб для коллекторов (обычно их две или три по высоте пылеосадителя) при скорости движения воды в них 2,0–2,2 м/с. Патрубки, на которых устанавливаются форсунки для распыления воды, также рассчитываются по расходу воды на одну форсунку при скорости движения воды 0,5–0,6 м/с. С целью обеспечения эффективного распыления воды рекомендуется применять спиральные конические форсунки с внутренним диаметром на входе 20 мм, на выходе 10 мм с шириной спирального шага 7 мм, толщиной стенки 3 мм и количеством шагов спирали не менее 8. При давлении воды перед форсункой 0,2–0,25 МПа скорость распыленной воды на выходе из форсунки составит около 20 м/с.

Расчет очистки ваграночных выбросов

Очистка от пыли

Степень очистки отходящих выбросов от пыли в мокром пылеуловителе принятой конструкции составляет $\eta=87-92\%$, т.е. после очистки газы будут содержать примерно 10 % от исходного содержания пыли на выходе из трубы вагранки ($0,1 M_{\text{пыл}}^{\text{исх}}$).

Определение максимальной приземной концентрации пыли после очистки в пылеуловителе производится по формуле

$$C_{\text{м.пыл}} = \frac{0,1 M_{\text{пыл}}^{\text{исх}} \cdot A \cdot B \cdot m \cdot n}{H^2 \sqrt[3]{Q_{\text{газ}} \cdot \Delta T}} \leq [C_{\text{м.пыл}}], \quad (6)$$

т.е. содержание пыли после очистки не должно превышать требований ПДК – $[C_{\text{м.пыл}}]$.

Здесь $M_{\text{пыл}}^{\text{исх}}$ – содержание пыли на выходе из трубы вагранки, г/с;

A – коэффициент, зависящий от температурной сертификации атмосферы, определяющей условия вертикального и горизонтального рассеивания веществ в атмосферном воздухе для данного региона. (для Урала $A=160 \text{ с}^{2/3} \text{ град}^{1/3}$);

B – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере воздуха, для пыли $B=2,5$;

$Q_{\text{газ}}$ – объем пылегазовой смеси на выходе из трубы вагранки, $\text{м}^3/\text{с}$;

ΔT – разность между температурой смеси на выходе из пылеуловителя и температурой окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (с достаточной точностью можно принять $\Delta T=100^{\circ}\text{C}$);

H – высота уровня источника выбросов над уровнем земли, которая должна быть не менее 16 м;

m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода смеси из устья пылесадителя.

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}},$$

$$\text{где } f = \frac{V_{\text{уст}} \cdot D_{\text{уст}} \cdot 10^3}{H^2 \cdot \Delta T}.$$

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3)(4,36 - V_m)},$$

где V_m – скорость ветра на высоте 10 м над уровнем земли, при котором достигается наибольшее значение приземной концентрации.

$$V_m = 0,65\sqrt{Q_{\text{газ}} \cdot \Delta T / H} \quad (\text{в пределах от } 0,5 \text{ до } 10 \text{ м/с}).$$

Расчетная величина C_m сопоставляется с требованиями норм ПДК (см. (6)).

При неблагоприятных метеорологических условиях расчетная величина приземной концентрации пыли достигает по оси факела выброса (по направлению среднего ветра) от пылеосадителя расстояния $X_m = (5-B)dH/4$, где d – безразмерная величина, определяемая по формуле $d = 4,95V_m(1 + 0,28\sqrt{f})$.

Очистка от оксида углерода (CO) и диоксида серы (SO₂)

По данным научно-технической информации содержание CO в обычных вагранках составляет 10–15 %, а в вагранках со вторичным дутьем не более 5 %, что с точки зрения экологической чистоты процесса плавки чрезвычайно важно. Расчет очистки от CO и SO₂ осуществляется аналогично расчету очистки от пыли, только для газов коэффициент $B=1$, а в распыленной воде растворяется 10 % исходного содержания CO и 40 % исходного содержания SO₂.

Расчет предельно допустимых выбросов

Определение концентрации вредных выбросов осуществляется на предприятиях экологическими службами. Для Уральского региона были определены предельно допустимые величины выбросов пыли, оксида углерода и диоксида серы, при которых применение мокрого пылеосадителя указанной конструкции следует считать целесообразным. При расчете были приняты верхние значения ПДК для каждой составляющей пылегазовой смеси, а именно $[C_{\text{м.пыли}}]=0,5 \text{ мг/м}^3$, $[C_{\text{м.CO}}]=3,0 \text{ мг/м}^3$, $[C_{\text{м.SO}_2}]=0,5 \text{ мг/м}^3$. Расчетом установлено, что мокрый пылеосадитель обеспечивает нормы ПДК при содержании пыли не более 39 мг/м^3 , CO не более 26 мг/м^3 и SO₂ не более $6,5 \text{ мг/м}^3$ (при $H=20 \text{ м}$) для условий Урала.

Разработка программы расчетов

По приведенным выше формулам разработана программа расчета конструктивных параметров и системы водоснабжения мокрого пылеосадителя (при расходе воды $10 \text{ м}^3/\text{ч}$). Программа предназначена для использования в учебном процессе при выполнении курсового проекта «Расчет конструктивных параметров вагранок со вторичным дутьем» по дисциплине «Металлургическая теплотехника и печи».

По приведенной методике расчета выполнен проект и установлены мокрые пылеосадители на вагранках производительностью 5 т/ч на Ревдинском метизно-металлургическом заводе. До установки пылеосадителей фактический выброс пыли составлял $19,1 \text{ г/с}$, $\text{CO} - 19,8 \text{ г/с}$, $\text{SO}_2 - 0,79 \text{ г/с}$, что значительно превышало нормы ПДК. После установки мокрых пылеосадителей выбросы удовлетворяли указанным нормам.

**В.Н. Кузнецов,
Г.Н. Плотников,
А.А. Приемщиков**

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БОЛЬШИХ МАСС ЛЕГИРОВАННОГО ЧУГУНА

Для отливок содовой промышленности применяется коррозионно-стойкий чугун марки СЧ20ХН, содержащий $0,4-0,6 \%$ хрома и $0,8-1,2 \%$ никеля. При попытке выплавки такого чугуна в вагранках с использованием в шихте природнолегированных орско-халиловских чугунов и никеля стабильных, приемлемых результатов не получено.

Разработана новая технология получения легированного хромоникелевого чугуна марки СЧ20ХН путем смешивания в 10-тонном ковше одной тонны жидкого чугуна с содержанием хрома и никеля в десять раз больше марочного (лигатура), который выплавляется в однотонной электропечи, с девятью тоннами нелегированного чугуна добавляемого из вагранки.

По технологии смешивания проведено более 40 плавок и изготовлено более 300 т отливок из коррозионностойкого чугуна СЧ20ХН для содовой промышленности. Результаты положительные.

Можно изменять степень легирования «лигатуры» и массу добавляемого нелегированного чугуна строго по расчету и получать любые реально необходимые для производства объемы низко- и среднелегированных чугунов.