

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

Утверждаю  
Зам. директора ЮТИ ТПУ по УР  
\_\_\_\_\_ В.Л.Бибик  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 г.

## **РАСЧЕТ ДОМЕННОЙ ШИХТЫ**

Методические указания к выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Производство чугуна и прямое получение железа»  
для студентов специальности 150101 «Металлургия черных металлов»  
очной и заочной форм обучения

Издательство  
Юргинского технологического института (филиала)  
Томского политехнического университета  
2010

УДК 669.187

**Расчет доменной шихты:** методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Производство чугуна и прямое получение железа» для студентов специальности 150101 «Металлургия черных металлов»/ И.С.Сулимова – Юрга: Издательство Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2010. – 40 с.

Рецензент  
профессор, доктор технических наук

И.Д. Рожихина

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры МЧМ ЮТИ ТПУ " \_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой МЧМ  
канд. техн. наук

А.А.Сапрыкин

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 4  |
| 1. Содержание курсовой работы.....                          | 4  |
| 1.1. Порядок выполнения курсовой работы.....                | 4  |
| 1.2. Структура пояснительной записки.....                   | 4  |
| 1.3. Оформление расчетно-пояснительной записки .....        | 6  |
| 2. Пример расчета доменной шихты.....                       | 6  |
| 2.1. Расчёт чистых компонентов из окислов.....              | 7  |
| 2.2. Определение удельного расхода шихтовых материалов..... | 9  |
| 2.3. Определение физико-химических свойств шлака .....      | 13 |
| 2.4. Определение реального расхода шихтовых материалов..... | 17 |
| Список литературы.....                                      | 20 |
| Приложение 1.....   | 21 |
| Приложение 2.....   | 30 |
| Приложение 3.....   | 31 |
| Приложение 4.....   | 33 |
| Приложение 5.....   | 36 |
| Приложение 6.....   | 38 |
| Приложение 7.....   | 39 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Выполняя курсовую работу, студенты расширяют теоретические знания, приобретают и развивают навыки в изучении и критическом анализе литературы по специальным вопросам, выполнении металлургических расчетов и составлении расчетно-пояснительной записки к ней.

### **1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

#### **1.1. Порядок выполнения курсовой работы**

При выполнении курсовой работы студентам рекомендуется придерживаться следующей схемы:

- ознакомление с содержанием методических указаний;
- подбор литературы, необходимой для выполнения работы;
- выбор и переработка материала по литературе, относящейся к отдельным разделам курсовой работы;
- проведение расчетов по схеме, изложенной в методических указаниях;
- регулярный отчет (не реже 1 раза в неделю) о проделанной работе перед руководителем.

Для более качественного выполнения курсовой работы студенты должны консультироваться у руководителя и информировать его о ходе выполнения работы. В противном случае руководитель может обнаружить грубые ошибки (особенно при выполнении металлургических расчетов) лишь к концу срока выполнения курсовой работы, когда на их исправление остается мало времени.

Задание на курсовую работу составляется руководителем, утверждается заведующим кафедрой и выдается в начале семестра. Исходные данные для выполнения курсовой работы приведены в приложениях 1-3.

Сроки сдачи курсовой работы определяются руководителем, но не позже начала зачетной недели.

#### **1.2. Структура пояснительной записки**

Курсовая работа выполняется в виде расчетно-пояснительной записки и включает следующие разделы:

##### **ВВЕДЕНИЕ**

- 1. ОПИСАНИЕ СЫРЬЕВОЙ И ТОПЛИВНОЙ БАЗЫ ЗАВОДА**
- 2. ПОДГОТОВКА РУД К ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ**
- 3. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ**

#### 4. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

##### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Введение. В этом разделе студенты должны дать краткую характеристику доменному производству. Привести основные направления развития современного доменного производства.

Описание сырьевой и топливной базы завода. Так как задание на курсовую работу выдается для конкретного завода, необходимо пользоваться литературными данными, выяснить с каких месторождений поступают шихтовые материалы. После этого дать характеристику месторождений, описание которых вести в следующем порядке:

- a) географическое расположение месторождения (бассейна) и запасы;
- b) горно-геологическая характеристика месторождения;
- c) минералогический тип руды;
- d) химический состав добываемых руд, известняка, топлива;
- e) характеристика пустой породы;
- f) характеристика полезных и вредных примесей;
- g) физические свойства шихтовых материалов.

Подготовка руд к доменной плавке. В настоящее время ни один вид металлургического сырья не используется без предварительной подготовки. техническая необходимость и высокая экономическая эффективность подготовки привели к быстрому ее развитию. В общем комплексе подготовки сырья главными являются обогащение и окускование, однако осуществить их можно только после ряда вспомогательных операций. Поэтому всю подготовку сырья делят на дробление и измельчение, грохочение и классификацию, обогащение, окускование и обжиг.

В этом разделе кратко описываются вышеуказанные операции по подготовке сырья, приводится технологическая схема обогащения руды и качество получаемых железорудных концентратов. Кратко описывается метод окускования, которому подвергается сырье данного месторождения.

Металлургические расчеты. В курсовой работе необходимо рассчитать доменную шихту для выплавки передельного чугуна заданного состава в условиях определенного металлургического комбината. При выполнении металлургических расчетов следует пользоваться методическими указаниями. Расчеты включают в себя следующие разделы:

- a) расчет удельного расхода шихтовых материалов;
- b) определение физико-химических свойств доменного шлака;
- c) определение реального расхода шихтовых материалов.

Специальная часть. Последние годы характеризуются значительным улучшением показателей доменной плавки. Существенно выросла

производительность доменных печей, постоянно снижается расход кокса – наиболее дорого компонента доменной шихты. Эти результаты явились следствием комплекса предприятий, называемых обычно методами интенсификации доменной плавки.

В этой части курсовой работы следует рассмотреть вопрос, связанный с развитием доменного производства, конструкции печей или интенсификацией доменного процесса. Перечень основных тем, вынесенных на рассмотрение в специальной части приведен в приложении 6.

### 1.3. Оформление расчетно-пояснительной записки

Содержание расчетно-пояснительной записки должно полностью отражать вопросы, рассмотренные в предыдущем разделе. Текст задания на курсовую работу прилагается к расчетно-пояснительной записке.

Оформление расчетно-пояснительной записки должно соответствовать методическим указаниям по соблюдению стандартов при выполнении курсовых и дипломных проектов [1]. Образец титульного листа приведен в приложении 7.

Законченную работу студент сдает руководителю, который после ознакомления с ней назначает дату защиты.

## 2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ДОМЕННОЙ ШИХТЫ

Расчет доменной шихты выполняется на 100 кг чугуна. Цель расчета – обеспечить заданный состав металла и шлака для получения качественного передельного чугуна с требуемыми составом и свойствами.

### Исходные данные

Химический состав выплавляемого чугуна приведен в таблице 1.

Таблица 1

*Химический состав чугуна, %*

| Si   | S     | C+P  | Fe + Mn |
|------|-------|------|---------|
| 0,69 | 0,019 | 4,65 | 94,641  |

Основными компонентами доменной шихты являются агломераты 1 и 2, окатыши и кокс. Химический состав шихтовых материалов приведен в таблице 2. Технический состав кокса приведен в таблице 3.

Таблица 2

*Химический состав шихтовых материалов, %*

| Материалы   | Уд. расход, кг/100кг чугуна | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | MnO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | FeS  | SO <sub>3</sub> | W | п.п. |
|-------------|-----------------------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|------|------|-------------------------------|------|-----------------|---|------|
| Агломерат 1 |                             | 15,90 | 55,15                          | 9,60             | 2,30                           | 12,80 | 3,30 | 0,77 | 0,08                          | -    | 0,10            | - | -    |
| Агломерат 2 |                             | 15,60 | 55,81                          | 9,20             | 2,40                           | 12,70 | 3,30 | 0,80 | 0,07                          | -    | 0,12            | - | -    |
| Окатыши     |                             | 1,08  | 92,00                          | 5,78             | 0,31                           | 0,23  | 0,37 | 0,20 | 0,01                          | -    | 0,03            | - | -    |
| Зола кокса  |                             | -     | 13,10                          | 53,36            | 23,40                          | 3,10  | 0,90 | 0,14 | -                             | 2,70 | 0,60            | - | -    |

Таблица 3

*Технический состав кокса*

| Основность | Расход кокса, кг | Технический состав кокса, % |      |      |
|------------|------------------|-----------------------------|------|------|
|            |                  | A                           | S    | W    |
| В          | К                |                             |      |      |
| 0,92       | 49,3             | 10,37                       | 0,58 | 2,86 |

Принимаем, что в процессе доменной плавки:

1. с колошниковым газом улетучивается 2% серы, от общего количества серы шихты;
2. при плавлении 99,8% железа восстанавливается в чугун, остальное переходит в шлак;
3. фосфор полностью переходит из шихты в чугун;
4. при плавлении 60% марганца восстанавливается в чугун, 40% переходит в шлак;
5. потери чугуна со скрапом и шлаком (в виде корольков) составляют 0,5%;
6. вынос пыли определяется с учетом работы доменной печи (давления газа на колошнике) (таблица 4).

Таблица 4

*Вынос материалов из доменной печи*

| Материалы                         | При давлении на колошнике, кПа |     |     |         |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----|-----|---------|
|                                   | 110                            | 170 | 200 | 250-280 |
| Железная руда, агломерат, окатыши | 5,0                            | 3,0 | 2,5 | 2,0     |
| Марганцевая руда                  | 9,0                            | 5,4 | 4,5 | 3,6     |
| Кокс                              | 1,0                            | 0,8 | 0,7 | 0,6     |
| Известняк                         | 1,5                            | 0,9 | 0,8 | 0,6     |

## 2.1. Расчёт чистых компонентов из окислов

Для определения расхода компонентов шихты необходимо составить и решить систему балансовых уравнений. Расчет уравнений производится на основе содержания чистых элементов. Поэтому предварительно производим пересчет процентного содержания окислов в шихте на содержание чистых элементов. Перерасчет производится из соотношений:

$$\text{Fe/FeO} = 0,7778 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Fe}_1 &= 15,9 \times 0,7778 = 12,367; \\ \text{Fe}_2 &= 15,6 \times 0,7778 = 12,1337; \\ \text{Fe}_0 &= 1,08 \times 0,7778 = 0,84. \end{aligned}$$

$$\text{Fe/Fe}_2\text{O}_3 = 0,70 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Fe}_1 &= 0,7 \times 55,15 = 38,605; \\ \text{Fe}_2 &= 0,7 \times 55,81 = 39,067; \\ \text{Fe}_0 &= 0,7 \times 92,0 = 64,40; \\ \text{Fe}_{3,к} &= 0,7 \times 13,1 = 9,17. \end{aligned}$$

$$\text{Fe/FeS} = 0,636 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Fe}_1 &= 0,08 \times 0,636 = 0,0509; \\ \text{Fe}_2 &= 0,07 \times 0,636 = 0,0445; \\ \text{Fe}_0 &= 0,01 \times 0,636 = 0,0064. \end{aligned}$$

$$\text{Mn/MnO} = 0,775 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Mn}_1 &= 0,77 \times 0,775 = 0,5968; \\ \text{Mn}_2 &= 0,80 \times 0,775 = 0,620; \\ \text{Mn}_0 &= 0,20 \times 0,775 = 0,155; \\ \text{Mn}_{3,к} &= 0,14 \times 0,775 = 0,1085. \end{aligned}$$

$$\text{P/P}_2\text{O}_5 = 0,437 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{P}_1 &= 0,10 \times 0,437 = 0,0437; \\ \text{P}_2 &= 0,12 \times 0,437 = 0,0524; \\ \text{P}_0 &= 0,03 \times 0,437 = 0,0131; \end{aligned}$$



$$P_{3,к} = 0,6 \times 0,437 = 0,2622.$$

$$S/SO_3 = 0,4 \quad (6)$$

$$S_{3,к} = 2,7 \times 0,4 = 1,08.$$

$$S/FeS = 0,364 \quad (7)$$

$$S_1 = 0,08 \times 0,364 = 0,0291;$$

$$S_2 = 0,07 \times 0,364 = 0,0255;$$

$$S_o = 0,01 \times 0,364 = 0,0036.$$

Следовательно, железа в окатышах, агломерате 1 и 2 содержится:

$$Fe_1 = 12,367 + 38,605 + 0,0509 = 51,023$$

$$Fe_2 = 12,1337 + 39,067 + 0,0445 = 51,245$$

$$Fe_o = 0,84 + 64,40 + 0,0064 = 65,246$$

## 2.2. Определение удельного расхода шихтовых материалов

Для получения 100 кг чугуна необходимо рассчитать расход агломератов 1 и 2 и окатышей. Для этого за  $X$  принимаем расход агломератов 1 и 2, т.е.  $X = (A_1 + A_2)$  кг, а за  $Y$  – расход окатышей, кг. Составляем два балансовых уравнения:

### 1) по балансу железа и марганца в чугуне

$$\begin{aligned} [Fe] \mp [Mn] \mp \eta_{Fe} \left( \frac{Fe_x}{2 \cdot 100} X + \frac{Fe_o}{100} \cdot Y + \frac{Fe_{3,к} \cdot K \cdot A}{100 \cdot 100} \right) + \\ + \eta_{Mn} \left( \frac{Mn_x}{2 \cdot 100} X + \frac{Mn_o}{100} Y + \frac{Mn_{3,к} \cdot K \cdot A}{100 \cdot 100} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

где  $[Fe]$ ,  $[Mn]$  – содержание железа и марганца в чугуне, %;

$\eta_{Fe}$ ,  $\eta_{Mn}$  – степень перехода железа и марганца в чугун;

$Fe_{x, y, 3,к}$  – содержание железа в отдельных компонентах доменной шихты, %;

$X$ ,  $Y$ , – удельный расход компонентов доменной шихты, кг;

$K$  – удельный расход кокса, кг;

$A$  – содержание золы в коксе, %

**2) по основности шлака**

$$B = \frac{\frac{CaO_x}{2 \cdot 100} X + \frac{CaO_o}{100} Y + \frac{CaO_{3.K} \cdot K \cdot A}{100 \cdot 100}}{\frac{SiO_{2x}}{2 \cdot 100} X + \frac{SiO_{2o}}{100} Y + \frac{SiO_{23.K} \cdot K \cdot A}{100 \cdot 100} - (SiO_2)_{[Si]}} \quad (9)$$

где  $CaO_x$ ,  $CaO_o$ ,  $CaO_{3.K}$ ,  $SiO_{2x}$ ,  $SiO_{2o}$ ,  $SiO_{23.K}$  – содержание извести и кремнезема в составляющих доменной шихты, %;

$(SiO_2)_{[Si]}$  – количество кремнезема, расходуемое на восстановление кремния из чугуна.

$$(SiO_2)_{[Si]} = \frac{[Si] \cdot 60}{28}, \quad (10)$$

где  $[Si]$  – содержание кремния в чугуне, % (таблица 1);

60 – молекулярная масса кремнезёма;

28 – атомная масса кремния.

Подставляя исходные данные, получаем следующие уравнения:

$$0,998 \cdot \left( \frac{102,268}{2 \cdot 100} X + \frac{65,246}{100} \cdot Y + \frac{9,17 \cdot 49,30 \cdot 10,37}{100 \cdot 100} \right) +$$

$$+ 0,6 \cdot \left( \frac{1,2168}{2 \cdot 100} X + \frac{0,155}{100} \cdot Y + \frac{0,1085 \cdot 49,30 \cdot 10,37}{100 \cdot 100} \right) = 94,641$$

После преобразований уравнение принимает следующий вид:

$$\underline{0,514 \cdot X + 0,6521 \cdot Y = 94,1698} \quad (I)$$

Подставляя исходные данные в уравнение основности, получаем:

$$\frac{\frac{25,50}{2 \cdot 100} X + \frac{0,23}{100} \cdot Y + \frac{3,10 \cdot 49,30 \cdot 10,37}{100 \cdot 100}}{\frac{18,80}{2 \cdot 100} X + \frac{5,78}{100} \cdot Y + \frac{53,36 \cdot 49,30 \cdot 10,37}{100 \cdot 100} - \frac{0,69 \cdot 60}{28}} = 0,92$$

После преобразований уравнение принимает следующий вид:

$$\underline{0,041 \cdot X + 0,0509 \cdot Y = 0,8727} \quad (II)$$

Решая систему из двух уравнений (I) и (II) с двумя неизвестными, получаем, что

$$X = 101,36 \text{ кг}; \quad \text{т.е.} \quad A_1 = 50,68 \text{ кг}, A_2 = 50,68 \text{ кг}$$

$$Y = 64,5 \text{ кг}$$

Для проверки производственных расчётов составляем балансовую таблицу 5, в которой определяем количество элементов и оксидов, вносимых составляющими шихты, а также количество и состав шлака, и состав чугуна.

При составлении балансовой таблицы принимаем:

- 1) при расходе 49,3 кг кокса в шихту вносится золы в количестве

$$49,3 \cdot 10,37/100 = 5,11 \text{ кг},$$

где 10,37 – содержание золы в коксе, % (таблица 3);

- 2) в коксе содержится 0,58 % серы (таблица 3). Следовательно, с коксом вносится серы

$$49,3 \cdot 0,58 / 100 = 0,286 \text{ кг};$$

- 3) количество кремнезема, расходуемое на восстановление кремния, чугуна определяем по формуле (10)

$$(SiO_2)_{[Si]} = \frac{0,69 \cdot 60}{28} = 1,479 \text{ кг};$$

- 4) по условию принято, что 2 % серы от общего количества серы, поступившей в печь, улетучивается из доменной печи вместе с колошниковым газом. Следовательно, улет серы с колошниковым газом составляет

$$0,3159 \cdot 2 / 100 = 0,0063 \text{ кг};$$

- 5) на ошлакование 0,2906 кг серы необходимо израсходовать извести (CaO)

$$0,2906 \cdot 56 / 32 = 0,5085 \text{ кг};$$

- 6) по условию 0,2 % железа от общего количества, поступившего в печь переходит в шлак

$$94,382 \cdot 0,2 / 100 = 0,189 \text{ кг Fe},$$

из него оксида FeO будет

$$0,189 \cdot 72 / 56 = 0,243 \text{ кг};$$

- 7) по условию 40 % марганца от общего количества, поступившего в печь, переходит в шлак

$$0,722 \cdot 40 / 100 = 0,289 \text{ кг},$$

из него оксида марганца (MnO) будет

$$0,289 \cdot 71 / 55 = 0,373 \text{ кг};$$

- 8) при переходе в шлак 0,2906 кг серы образуется CaS

$$0,2906 \cdot 72 / 32 = 0,6538 \text{ кг};$$

Таблица 5

## Балансовая таблица

| Статьи балан-<br>са                         | Масса,<br>кг      | SiO <sub>2</sub> |                    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |       | CaO   |                     | MgO   |       | Fe     |                               | Mn     |                               | S      |                                 | P      |        |
|---|-------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|--------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--------|
|   |                   | %                | кг                 | %                              | кг    | %     | кг                  | %     | кг    | %      | кг                            | %      | кг                            | %      | кг                              | %      | кг     |
| Агломерат 1                                 | 50,68             | 9,6              | 4,865              | 2,3                            | 1,166 | 12,8  | 6,487               | 3,3   | 1,672 | 51,023 | 25,858                        | 0,5968 | 0,3025                        | 0,0291 | 0,0147                          | 0,0437 | 0,0221 |
| Агломерат 2                                 | 50,68             | 9,2              | 4,663              | 2,4                            | 1,216 | 12,7  | 6,436               | 3,3   | 1,672 | 51,245 | 25,971                        | 0,62   | 0,3142                        | 0,0255 | 0,0129                          | 0,0524 | 0,0266 |
| Окатыши                                     | 64,5              | 5,78             | 3,728              | 0,31                           | 0,20  | 0,23  | 0,148               | 0,37  | 0,239 | 65,246 | 42,084                        | 0,155  | 0,10                          | 0,0036 | 0,0023                          | 0,0131 | 0,0084 |
| Зола кокса                                  | 5,11 <sup>1</sup> | 53,36            | 2,727              | 23,4                           | 1,196 | 3,10  | 0,158               | 0,9   | 0,046 | 9,17   | 0,469                         | 0,1085 | 0,0055                        | 0,58   | 0,286 <sup>2</sup>              | 0,2622 | 0,0134 |
| Всего<br>вносится<br>шихтой                 |                   |                  | 15,983             |                                | 3,777 |       | 13,229              |       | 3,629 |        | 94,382                        |        | 0,722                         |        | 0,3159                          |        | 0,0705 |
| Восстанав-<br>ливается в<br>чугун           |                   |                  | 1,479 <sup>3</sup> |                                |       |       |                     |       |       |        | 94,193                        |        | 0,433                         |        | 0,019                           |        | 0,0705 |
| Улетучивается<br>с колошничко-<br>вым газом |                   |                  |                    |                                |       |       |                     |       |       |        |                               |        |                               |        | 0,0063 <sup>4</sup>             |        |        |
| Расходуется<br>на образова-<br>ние CaS      |                   |                  |                    |                                |       |       | 0,5085 <sup>5</sup> |       |       |        |                               |        |                               |        | 0,2906                          |        |        |
| Переходит в<br>шлак, кг                     |                   |                  | 14,504             |                                | 3,777 |       | 12,720              |       | 3,629 |        | 0,189 <sup>6</sup><br>(0,243) |        | 0,289 <sup>7</sup><br>(0,373) |        | 0,2906 <sup>8</sup><br>(0,6538) |        |        |
| Количество и<br>состав шлака                | 35,9              | 40,40            |                    | 10,52                          |       | 35,43 |                     | 10,11 |       | 0,677  |                               | 1,039  |                               | 1,820  |                                 |        |        |

- 9) при расчете количества шлака складываются соединения (окислы) элементов, входящих в шлак

$$M_{\text{шлл}} = \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{CaS} = 14,504 + 3,77 + 12,72 + 3,629 + 0,243 + 0,373 + 0,6538 = 35,9 \text{ кг.}$$

### 2.3. Определение физико-химических свойств шлака

Пересчитываем состав шлака с фактического на 4 и 3 компонента и результаты заносим в таблицу 6.

Таблица 6

*Химический состав четырёх- и трёхкомпонентного шлака*

| Составляющие                   | Содержание в шлаке, % |                  |                  |
|--------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|
|                                | Фактическое           | Пересчёт на 4 к. | Пересчёт на 3 к. |
| SiO <sub>2</sub>               | 40,40                 | 41,88            | 41,88            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,52                 | 10,91            | 10,91            |
| CaO                            | 35,43                 | 36,73            | RO = 47,21       |
| MgO                            | 10,11                 | 10,48            |                  |
| Σ                              | 96,46                 | 100              | 100              |

$$\text{SiO}_2 = 40,40 \cdot 100 / 96,46 = 41,88 \%$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 10,52 \cdot 100 / 96,46 = 10,91 \%$$

$$\text{CaO} = 35,43 \cdot 100 / 96,46 = 36,73 \%$$

$$\text{MgO} = 10,11 \cdot 100 / 96,46 = 10,48 \%$$

Полученный при плавке шлак проверяется на десульфурисующую способность, вязкость и плавкость.

**Десульфурисующую способность шлака.** Для представления о распределении серы между чугуном и шлаком, проводим оценку десульфурисующей способности шлака по методам А.Н.Рамма и И.С.Куликова.

По эмпирической формуле А.Н.Рамма для получения чугуна с содержанием 0,019% серы содержание оснований в шлаке должно быть равно

$$Ro_{mp} = 50 - 0,25 \cdot \left[ \text{Al}_2\text{O}_3 \right] - 3 \cdot \left[ \text{Si} \right] - \frac{0,3 \cdot \left[ i \right] + 30 \cdot \left[ \Gamma \right]}{n}$$

$$= 50 - 0,25 \cdot 10,52 + 3 \cdot 0,8089 - \frac{0,3 \cdot 0,69 + 30 \cdot 0,019}{0,359} = 46,03\% \quad (11)$$

где  $(Al_2O_3)$ ,  $(S)$  – соединение глинозёма и серы в шлаке, %;  
 $[Si]$ ,  $[S]$  – содержание кремния и серы в чугуне, %;  
 $n$  – относительное количество шлака.

$$S = \frac{(CaS) \cdot 32}{72} = \frac{1,82 \cdot 32}{72} = 0,8089 \quad (12)$$

Фактически же в шлаке содержится оснований

$$\begin{aligned} Ro_{\text{факт}} &= (CaO) + (MgO) + (MnO) + (FeO) \\ &= 35,43 + 10,11 + 0,677 + 1,039 = 47,26\% \end{aligned} \quad (13)$$

Т.к.  $Ro_{\text{факт}} \approx Ro_{\text{тр}}$  следовательно, шлак по Рамму обладает достаточной десульфуряющей способностью.

Для контроля проверим десульфуряющую способность шлака по методу И.С.Куликова.

Для расчета  $L_s^0$  И.С.Куликов предложил формулу

$$\lg L_s^0 = 2,55 \cdot B + \lg \left( \frac{f_{[S]}}{p_{CO}} \right) - 2,07 \quad (14)$$

где  $f_{[S]}$  – коэффициент активности серы;  
 $p_{CO}$  – парциальное давление оксида углерода в горне, атм.

$$B = \frac{(CaO) + \alpha \cdot (MgO) + (MnO)}{SiO_2 + 0,6 \cdot Al_2O_3 \cdot \left\{ \frac{(CaO) + \alpha \cdot (MgO) + (MnO)}{(SiO_2)} - 1,19 \right\}} \quad (15)$$

$$\alpha = \frac{1,84 \cdot (SiO_2) + 0,9 \cdot (CaO)}{(SiO_2) + 0,9 \cdot (MgO)} \quad (16)$$

где  $(CaO)$ ,  $(MgO)$ ,  $(MnO)$ ,  $(SiO_2)$ ,  $(Al_2O_3)$  – содержание окислов в шлаке, %.

$$B = \frac{35,43 + 1,039 + 0,857 \cdot 10,11}{40,40 + 0,6 \cdot 10,52 \cdot \left( \frac{35,43 + 1,039 + 0,857 \cdot 10,11}{40,40} - 1,19 \right)} = 1,13$$

$$\alpha = \frac{1,84 \cdot 40,40 - 0,9 \cdot 35,43}{40,40 + 0,9 \cdot 10,11} = 0,857$$

Ход реакций десульфурации зависит от активности серы в металле. В случае многокомпонентных систем (чугун) для определения коэффициента активности используют формулы, справедливые для определенных диапазонов концентрации. При этом следует учитывать влияние на коэффициент активности всех элементов присутствующих в чугуне.

Суммарное влияние состава чугуна на коэффициент активности серы складывается из влияния отдельных элементов. Для пердедельного чугуна это удобно определить, например, через «эквивалентное» содержание углерода по формуле

$$[C]_{\text{экс}} = [C] \cdot 0,63 \cdot [Si] \cdot 0,40 \cdot [P] \cdot 0,27 \cdot [S] \cdot 0,20 [Mn] \quad (17)$$

Найденное  $[C]_{\text{экс}}$  подставляют в уравнение (18) и получают значение коэффициента активности серы в чугуне данного состава.

$$\lg f_s^C = 0,11 \cdot [C]_{\text{экс}} + 0,006 \cdot [C]_{\text{экс}}^2 \quad (18)$$

Определяем эквивалентную концентрацию углерода и коэффициент активности серы

$$[C]_{\text{экс}} = 4,5795 + 0,63 \cdot 0,69 + 0,40 \cdot 0,0705 - 0,27 \cdot 0,019 - 0,20 \cdot 0,433 = 4,95$$

$$\lg f_s^C = 0,11 \cdot 4,95 + 0,006 \cdot 4,95^2 = 0,6915$$

$$f_s^C = 4,915$$

Полученные значения подставляем в формулу (14) и определяем равновесный коэффициент распределения серы

$$\lg L_s^0 = 2,55 \cdot 1,13 + \lg \left( \frac{4,915}{1,8} \right) - 2,07 = 1,2475$$

$$L_s = 17,68$$

Здесь парциальное давление оксида углерода в горне равно

$$p_{CO} = 0,4 \cdot (1 + p_d) = 0,4 \cdot (1 + 3,5) = 1,8 \text{ атм}$$

где  $p_d$  – избыточное давление горячего дутья, атм (находится в пределах 2,5-4,5 атм)

Требующийся коэффициент распределения серы

$$L_S = \frac{0,2906}{0,019} = 15,29 \quad (10)$$

что составляет от равновесного  $15,29 \cdot 100 / 17,68 = 86,5 \%$ . Степень использования десульфуризирующей способности шлака по Куликову составляет 30-60 %, значит, полученный шлак обладает достаточной и даже избыточной десульфуризирующей способностью. Таким образом, шихта обеспечивает получение шлака обладающего согласно экспериментальным и эмпирическим зависимостям избыточной десульфуризирующей способностью.

**Вязкость шлака.** Вязкость шлака определяем по диаграммам Мак-Кеффери при температурах 1773 К и 1673 К (приложение 5). В данном случае для определения вязкости шлака необходимо пользоваться четверными диаграммами CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Соответственно содержание основных компонентов шлака берем в перерасчете на четыре компонента (таблица 6). Для того чтобы найти вязкость шлака содержащего 41,88% SiO<sub>2</sub> необходимо найти вязкость шлака при содержании SiO<sub>2</sub> 40% и 45% и затем произвести перерасчет (таблица 7).

Таблица 7

*Вязкость шлака, Па·с*

| Содержание SiO <sub>2</sub> в шлаке, % | Температура, К |      |
|--|----------------|------|
|  | 1773           | 1673 |
| 40                                     | 0,37           | 0,70 |
| 45                                     | 0,48           | 0,95 |

Получаем, что вязкость шлака при температуре 1773 К составляет 0,41 Па·с, а при 1673 К – 0,794 Па·с.

Вязкость шлака коксовой плавки при температуре 1773 К колеблется от 0,2 до 0,8 Па·с, т.е. полученный шлак не препятствует нормальной работе печи.

Вязкость шлака при 1673 К определяется с целью контроля. Вязкость шлака считается нормальной если вязкость при T= 1673 К примерно в два раза больше чем при 1773 К.

**Температура кристаллизации.** Для определения температуры кристаллизации (плавления) шлака используем диаграммы состояния системы CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (приложение 4). Для шлака с содержани-



ем 10,91%  $Al_2O_3$  необходимо найти температуры кристаллизации шлака при содержании 10 и 15%  $Al_2O_3$ , а затем произвести перерасчет. При содержании 10%  $Al_2O_3$  температура кристаллизации составляет 1723 К, а при 15% – 1623 К. Соответственно температура кристаллизации шлака с содержанием 10,91%  $Al_2O_3$  составляет 1705 К.

#### 2.4. Определение реального расхода шихтовых материалов

В таблице 5 приведены расходы сухих шихтовых материалов на 100 кг жидкого чугуна без учёта их выноса колошниковым газом. В действительности же шихтовые материалы могут содержать влагу. Некоторое количество материалов выносятся из печи колошниковым газом в виде колошниковой пыли. Часть вытекающего из печи чугуна теряется в виде скрапа и брызг, в связи с этим расход материалов на единицу выплавляемого чугуна будет несколько больше чем приведено в таблице 5.

Расход влажных материалов на 100 кг жидкого чугуна без учёта их выноса будет следующим:

- агломерат 1       $50,68 (1+0) = 50,68$  кг;
- агломерат 2       $50,68 (1+0) = 50,68$  кг;
- окатыши           $64,5 (1+0) = 64,5$  кг;
- кокс                 $49,3 (1+0,0286) = 50,71$  кг.

Расход влажных материалов на 100 кг товарного чугуна составляет:

- агломерат 1       $50,68 (1+0,005) = 50,93$  кг;
- агломерат 2       $50,68 (1+0,005) = 50,93$  кг;
- окатыши           $64,5 (1+0,005) = 64,82$  кг;
- кокс                 $50,71 (1+0,005) = 50,96$  кг.

где, 0,005 – потери чугуна со скрапом и шлаком

Расход влажных материалов на 100 кг товарного чугуна с учётом выноса пыли составляет:

- агломерат 1       $50,93 (1+0,025) = 52,21$  кг;
- агломерат 2       $50,93 (1+0,025) = 52,21$  кг;
- окатыши           $64,82(1+0,025) = 66,44$  кг;
- кокс                 $50,96 (1+0,007) = 51,32$  кг.

где, 0,025 и 0,007 – вынос пыли из агломерата, окатышей и кокса в пересчёте на кг.

Вынос колошниковой пыли составит на 100 кг чугуна

$$(52,21 + 52,21 + 66,44 + 51,32) - (50,93 + 50,93 + 64,82 + 50,96) = 4,54 \text{ кг}$$

В том числе уловленной колошниковой пыли  $4,54 \cdot 0,75 = 3,4$  кг на 100 кг чугуна.

### Заключение

Произведённый расчёт доменной шихты показал, что выплавляемый передельный чугун по химическому составу соответствует заданной марке П1 (ГОСТ 805-80).

Полученный шлак не препятствует нормальному ведению плавки. Вязкость шлака нормальная и не препятствует восстановлению железа. Полученный шлак обладает достаточно и даже несколько избыточной десульфурисующей способностью, т.к. по расчётам М.С. Куликова степень использования десульфурисующей способности шлака должна находиться в пределах 30-60 %, а полученная составляет 86,5%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Стандарт предприятия СТО ТПУ 2.5.01-2006. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 60 с.
2. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Metallургия чугуна. – Киев: Вища школа, 1981. – 496 с., ил.
3. Доменное производство: Справочное издание. В 2-х томах. Т 1: Подготовка руд и доменный процесс. Под ред. Вегмана Е.Ф. – М.: Metallургия, 1989. – 496 с.
4. Вегман Е.Ф., Жеребин В.Н., Похвиснев А.Н., Юсфин Ю.С. Metallургия чугуна. – М.: Metallургия, 1989. – 512 с.
5. Воскобойников В.Г. Общая metallургия. – М.: Metallургия, 1985. – 480 с.
6. Ермолаев В.А. и др. Месторождения полезных ископаемых. – М.: Издат. Московского государственного горного университета, 2001. – 570 с.
7. Чугун: Справочник. / Под ред. Шермана А., Жукова А. – М.: Metallургия, 1991. – 576 с.
8. Машиностроение. Энциклопедия в 40 т. Т. II – 2. Стали и чугуны. / Под общ. ред. О.А.Баных, Н.Н.Александрова. – М.: Машиностроение, 2001. – 784 с.

*Химический состав шихтовых материалов и золы кокса, %*

| Вариант | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п. | W    |
|---------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-----------------|-------------------------------|------|------|
| 1       | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8    | 9    | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14   | 15   |
| 1<br>*1 | Агломерат №1            | -          | 12,82 | 64,40                          | 8,17             | 2,59                           | 8,80 | 2,30 | 0,72 | 0,08 | -               | 0,12                          | -    | -    |
|         | Агломерат №2            | 15         | 13,57 | 63,55                          | 8,80             | 2,80                           | 9,23 | 1,50 | 0,32 | 0,12 | -               | 0,11                          | -    | -    |
|         | Агломерат №3            | -          | 16,76 | 57,87                          | 9,20             | 3,60                           | 5,60 | 6,40 | 0,34 | 0,12 | -               | 0,11                          | -    | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 13,00                          | 51,00            | 27,05                          | 6,42 | 0,70 | 0,10 | -    | 1,13            | 0,60                          | -    | -    |
| 2       | Железн. руда            | 4          | 22,40 | 49,20                          | 12,70            | 3,90                           | 7,30 | 1,50 | 0,62 | 0,15 | -               | 0,20                          | 2,03 | 2,50 |
|         | Агломерат №1            | 60         | 13,51 | 63,81                          | 8,47             | 2,46                           | 8,57 | 2,07 | 0,77 | 0,07 | -               | 0,27                          | -    | -    |
|         | Агломерат №2            | -          | 11,49 | 65,63                          | 9,25             | 2,12                           | 9,48 | 1,48 | 0,22 | 0,06 | -               | 0,27                          | -    | -    |
|         | Агломерат №3            | -          | 16,47 | 58,82                          | 8,90             | 3,74                           | 5,52 | 5,96 | 0,30 | 0,02 | -               | 0,27                          | -    | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 10,71                          | 52,33            | 25,68                          | 4,86 | 1,75 | 0,09 | -    | 3,53            | 1,05                          | -    | -    |
| 3<br>*1 | Железн. руда            | -          | 21,74 | 48,00                          | 13,00            | 4,50                           | 7,30 | 1,50 | 0,56 | 0,20 | -               | 0,20                          | 3,00 | 2,70 |
|         | Агломерат №1            | -          | 12,62 | 64,40                          | 8,17             | 2,79                           | 8,80 | 2,30 | 0,72 | 0,08 | -               | 0,12                          | -    | -    |
|         | Агломерат №2            | -          | 13,57 | 63,51                          | 8,80             | 2,80                           | 9,27 | 1,50 | 0,32 | 0,12 | -               | 0,11                          | -    | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 13,00                          | 51,00            | 27,05                          | 6,42 | 0,70 | 0,10 | -    | 1,13            | 0,60                          | -    | -    |
| 4<br>*2 | Агломерат №1            | -          | 14,78 | 61,41                          | 8,42             | 2,61                           | 9,25 | 2,31 | 0,86 | 0,11 | -               | 0,25                          | -    | -    |
|         | Агломерат №2            | -          | 12,66 | 64,57                          | 8,79             | 2,34                           | 9,40 | 1,60 | 0,26 | 0,11 | -               | 0,27                          | -    | -    |
|         | Агломерат №3            | -          | 16,07 | 60,07                          | 8,48             | 3,76                           | 5,18 | 5,77 | 0,32 | 0,03 | -               | 0,32                          | -    | -    |
|         | Агломерат №4            | -          | 14,33 | 67,64                          | 7,76             | 2,30                           | 5,60 | 1,77 | 0,28 | 0,05 | -               | 0,27                          | -    | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 10,35                          | 50,44            | 27,84                          | 5,12 | 2,41 | 0,74 | -    | 2,46            | 0,64                          | -    | -    |
| 5       | Железн. руда            | -          | 20,40 | 51,00                          | 9,46             | 1,87                           | 8,50 | 0,87 | 0,85 | 0,19 | -               | 0,25                          | 6,61 | 3,00 |
|         | Агломерат               | -          | 15,94 | 65,17                          | 5,90             | 2,75                           | 5,83 | 2,91 | 1,30 | 0,05 | -               | 0,15                          | -    | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 14,10                          | 48,12            | 27,20                          | 6,45 | 1,45 | 0,10 | -    | 1,51            | 1,07                          | -    | -    |

Продолжение таблицы 8

| Вариант        | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|----------------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1              | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9     | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| <b>6</b><br>*1 | Железн. руда            | -          | 21,90 | 51,80                          | 9,40             | 1,90                           | 7,11  | 0,90  | 0,87 | 0,16 | -               | 0,26                          | 5,70  | 3,5  |
|                | Агломерат №1            | -          | 15,40 | 63,92                          | 6,60             | 2,60                           | 7,50  | 2,90  | 0,77 | 0,06 | -               | 0,25                          | -     | -    |
|                | Агломерат №2            | -          | 14,60 | 60,20                          | 9,20             | 3,50                           | 6,40  | 5,50  | 0,30 | 0,03 | -               | 0,27                          | -     | -    |
|                | Зола кокса              | -          | -     | 8,50                           | 51,80            | 25,50                          | 8,50  | 2,90  | 0,15 | -    | 2,00            | 0,65                          | -     | -    |
| <b>7</b>       | Агломерат               | -          | 12,60 | 63,20                          | 9,00             | 1,38                           | 9,20  | 1,25  | 1,20 | 0,08 | -               | 0,09                          | -     | -    |
|                | Окатыши                 | 54         | 2,60  | 80,40                          | 8,23             | 0,80                           | 7,08  | 0,60  | 0,15 | 0,06 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|                | Известняк               | -          | -     | 0,80                           | 1,60             | 0,80                           | 53,30 | 0,70  | -    | -    | 0,30            | 0,03                          | 42,47 | 2,00 |
|                | Зола кокса              | -          | -     | 13,70                          | 41,90            | 22,50                          | 2,85  | 1,50  | 2,90 | -    | 2,04            | 0,10                          | -     | -    |
| <b>8</b><br>*1 | Агломерат №1            | -          | 12,70 | 65,70                          | 9,40             | 1,44                           | 9,86  | 0,65  | 0,17 | 0,03 | -               | 0,05                          | -     | -    |
|                | Агломерат №2            | -          | 12,80 | 63,89                          | 9,10             | 1,38                           | 11,20 | 1,25  | 0,26 | 0,06 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|                | Известняк               | -          | -     | 3,84                           | 1,00             | 0,62                           | 41,00 | 10,10 | -    | -    | -               | 0,05                          | 43,39 | 2,50 |
|                | Зола кокса              | -          | -     | 25,48                          | 42,00            | 24,40                          | 4,10  | 1,30  | 0,12 | -    | 2,00            | 0,60                          | -     | -    |
| <b>9</b><br>*1 | Агломерат №1            | -          | 14,00 | 66,86                          | 6,60             | 1,25                           | 8,50  | 2,30  | 1,26 | 0,06 | -               | 0,17                          | -     | -    |
|                | Агломерат №2            | -          | 10,50 | 80,29                          | 6,10             | 1,30                           | 9,22  | 0,35  | 1,20 | 0,04 | -               | -                             | -     | -    |
|                | Окатыши                 | -          | 2,90  | 82,96                          | 8,68             | 0,66                           | 4,20  | 1,49  | 0,19 | 0,04 | -               | -                             | -     | -    |
|                | Зола кокса              | -          | -     | 8,35                           | 56,00            | 26,30                          | 5,60  | 2,40  | 0,10 | -    | 2,00            | 0,25                          | -     | -    |
| <b>10</b>      | Агломерат               | -          | 15,00 | 66,66                          | 6,68             | 1,87                           | 6,59  | 3,72  | 0,19 | 0,07 | -               | 0,21                          | -     | -    |
|                | Окатыши №1              | -          | 3,12  | 81,52                          | 8,25             | 0,85                           | 6,17  | 0,86  | 0,08 | 0,03 | -               | 0,02                          | -     | -    |
|                | Окатыши №2              | 10,00      | 2,34  | 85,02                          | 7,50             | 0,33                           | 4,24  | 0,21  | 0,10 | 0,21 | -               | 0,05                          | -     | -    |
|                | Зола кокса              | -          | -     | 11,10                          | 48,10            | 27,23                          | 6,45  | 1,45  | 0,10 | -    | 1,50            | 1,07                          | -     | -    |
| <b>11</b>      | Агломерат №1            | -          | 14,00 | 66,81                          | 6,60             | 1,30                           | 8,50  | 2,30  | 0,26 | 0,06 | -               | 0,17                          | -     | -    |
|                | Агломерат №2            | 20,00      | 10,00 | 69,29                          | 8,00             | 1,22                           | 9,50  | 0,55  | 1,40 | 0,04 | -               | -                             | -     | -    |
|                | Окатыши                 | -          | 2,40  | 82,86                          | 7,66             | 0,66                           | 4,20  | 1,19  | 0,10 | 0,04 | -               | -                             | -     | -    |
|                | Зола кокса              | -          | -     | 8,50                           | 54,56            | 26,30                          | 5,60  | 2,40  | 0,10 | -    | 2,29            | 0,25                          | -     | -    |

Продолжение таблицы 8

| Вариант              | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|----------------------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1                    | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9     | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| 12<br>* <sup>1</sup> | Агломерат №1            | -          | 12,20 | 60,96                          | 8,14             | 2,69                           | 13,52 | 1,65  | 0,45 | 0,19 | -               | 0,18                          | -     | -    |
|                      | Агломерат №2            | -          | 12,30 | 63,86                          | 7,68             | 2,36                           | 11,80 | 1,63  | 0,16 | 0,13 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|                      | Окатыши                 | -          | 5,30  | 86,29                          | 4,37             | 1,25                           | 1,45  | 0,25  | 0,05 | -    | -               | 0,06                          | -     | -    |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 9,20                           | 52,10            | 27,90                          | 5,40  | 1,50  | 0,12 | -    | 2,78            | 1,00                          | -     | -    |
| 13<br>* <sup>1</sup> | Агломерат №1            | -          | 12,70 | 61,57                          | 8,70             | 3,10                           | 12,20 | 2,10  | 0,15 | 0,19 | -               | 0,18                          | -     | -    |
|                      | Агломерат №2            | -          | 14,14 | 62,86                          | 7,70             | 2,00                           | 10,90 | 2,10  | 0,16 | 0,06 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|                      | Окатыши                 | -          | 5,30  | 86,03                          | 4,00             | 1,25                           | 1,62  | 1,45  | 0,24 | 0,06 | -               | 0,05                          | -     | -    |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 10,40                          | 50,20            | 28,10                          | 5,60  | 1,84  | 0,11 | -    | 2,80            | 0,95                          | -     | -    |
| 14<br>* <sup>1</sup> | Агломерат №1            | -          | 14,69 | 57,59                          | 10,19            | 2,71                           | 10,89 | 2,88  | 0,87 | 0,08 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|                      | Агломерат №2            | -          | 14,41 | 57,93                          | 9,64             | 2,70                           | 11,41 | 2,87  | 0,86 | 0,08 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|                      | Известняк               | -          | -     | 3,84                           | 1,10             | 0,62                           | 41,40 | 10,20 | -    | -    | -               | 0,05                          | 42,79 | 3,5  |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 25,48                          | 42,00            | 24,40                          | 4,10  | 1,30  | 0,12 | -    | 2,00            | 0,60                          | -     | -    |
| 15                   | Агломерат №1            | -          | 16,90 | 56,94                          | 9,10             | 2,30                           | 10,80 | 2,50  | 1,23 | 0,11 | -               | 0,12                          | -     | -    |
|                      | Агломерат №2            | 20,00      | 17,70 | 60,29                          | 8,30             | 1,00                           | 9,00  | 0,60  | 0,12 | 0,09 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|                      | Окатыши                 | -          | 2,85  | 80,92                          | 8,49             | 0,76                           | 5,56  | 0,65  | 0,19 | 0,10 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 24,56                          | 38,66            | 23,72                          | 5,26  | 1,40  | 2,30 | -    | 3,50            | 0,60                          | -     | -    |
| 16                   | Агломерат               | -          | 9,47  | 59,20                          | 10,79            | 1,94                           | 14,64 | 2,18  | 1,09 | 0,15 | -               | 0,66                          | -     | -    |
|                      | Окатыши                 | -          | 3,60  | 84,70                          | 4,65             | 1,40                           | 3,49  | 1,60  | 0,20 | 0,05 | -               | 0,30                          | -     | -    |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 11,25                          | 50,10            | 28,34                          | 6,97  | 1,26  | 1,56 | -    | 3,00            | 0,56                          | -     | -    |
| 17                   | Железн. руда            | -          | 26,10 | 59,13                          | 5,95             | 1,26                           | 3,17  | 1,33  | 0,11 | 0,60 | -               | 0,22                          | 2,13  | 3,00 |
|                      | Агломерат №1            | 3,00       | 10,00 | 58,69                          | 10,84            | 1,90                           | 14,23 | 1,60  | 1,46 | 0,72 | -               | 0,56                          | -     | -    |
|                      | Агломерат №2            | -          | 14,55 | 56,52                          | 9,93             | 3,50                           | 12,05 | 1,69  | 0,89 | 0,21 | -               | 0,66                          | -     | -    |
|                      | Окатыши                 | 12,4       | 3,04  | 85,00                          | 4,65             | 1,50                           | 3,60  | 1,60  | 0,26 | 0,05 | -               | 0,30                          | -     | -    |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 11,25                          | 50,10            | 28,34                          | 6,97  | 1,26  | 1,56 | -    | 3,00            | 0,56                          | -     | -    |

Продолжение таблицы 8

| Вариант | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|---------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1       | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9     | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| 18      | Агломерат               | -          | 17,80 | 58,92                          | 10,31            | 0,99                           | 11,88 | 1,48  | 0,39 | 0,14 | -               | 0,19                          | -     | -    |
|         | Окатыши                 | -          | 3,04  | 85,23                          | 4,44             | 1,35                           | 3,58  | 1,85  | 0,25 | 0,05 | -               | 0,21                          | -     | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 9,70                           | 49,20            | 28,85                          | 6,00  | 2,50  | 0,30 | -    | 2,50            | 0,95                          | -     | -    |
| 19      | Агломерат               | -          | 17,50 | 58,17                          | 10,90            | 0,70                           | 10,50 | 1,50  | 0,40 | 0,18 | -               | 0,15                          | -     | -    |
|         | Окатыши №1              | -          | 2,90  | 81,00                          | 4,80             | 2,40                           | 5,62  | 2,90  | 0,30 | 0,04 | -               | 0,04                          | -     | -    |
|         | Окатыши №2              | 4          | 3,50  | 83,70                          | 4,30             | 1,24                           | 3,60  | 1,90  | 0,29 | 0,19 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 9,70                           | 49,20            | 28,85                          | 6,00  | 2,50  | 0,30 | -    | 2,50            | 0,95                          | -     | -    |
| 20      | Агломерат №1            | -          | 12,48 | 59,63                          | 7,23             | 3,36                           | 14,10 | 1,93  | 0,90 | 0,25 | -               | 0,12                          | -     | -    |
|         | Агломерат №2            | -          | 17,19 | 60,24                          | 9,00             | 2,36                           | 7,75  | 2,04  | 0,26 | 0,07 | -               | 0,19                          | -     | -    |
|         | Окатыши                 | 20         | 2,91  | 82,90                          | 3,79             | 2,70                           | 5,25  | 2,12  | 0,25 | 0,06 | -               | 0,02                          | -     | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 13,50                          | 50,00            | 28,20                          | 4,30  | 1,80  | -    | -    | 1,40            | 0,80                          | -     | -    |
| 21      | Агломерат №1            | -          | 14,14 | 61,79                          | 8,81             | 2,74                           | 8,81  | 2,56  | 0,80 | 0,18 | -               | 0,17                          | -     | -    |
|         | Агломерат №2            | -          | 13,60 | 57,30                          | 8,09             | 2,31                           | 15,37 | 2,39  | 0,48 | 0,30 | -               | 0,16                          | -     | -    |
|         | Агломерат №3            | 9          | 15,38 | 59,69                          | 9,40             | 3,47                           | 8,55  | 1,90  | 0,40 | 0,11 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|         | Окатыши                 | 7          | 1,72  | 83,86                          | 3,55             | 3,00                           | 4,68  | 2,70  | 0,40 | 0,06 | -               | 0,03                          | -     | -    |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 11,40                          | 52,00            | 27,00                          | 4,20  | 1,90  | -    | -    | 2,50            | 1,00                          | -     | -    |
| 22      | Железн. Руда            | 2          | 12,10 | 59,77                          | 15,60            | 0,88                           | 3,55  | 3,03  | 0,03 | 0,36 | -               | 0,08                          | 4,60  | 1,5  |
|         | Агломерат               | -          | 11,38 | 64,26                          | 9,74             | 1,10                           | 11,43 | 1,09  | 0,59 | 0,25 | -               | 0,16                          | -     | -    |
|         | Известняк               | -          | -     | 0,30                           | 1,30             | 0,50                           | 54,00 | 0,70  | -    | -    | 0,60            | -                             | 42,20 | 2,00 |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 32,00                          | 37,50            | 21,00                          | 5,10  | 1,40  | 0,40 | -    | 1,50            | 0,35                          | -     | -    |
| 23      | Агломерат               | -          | 13,00 | 58,60                          | 11,40            | 1,28                           | 14,00 | 1,26  | 0,26 | 0,10 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|         | Окатыши                 | 49         | 3,64  | 80,42                          | 8,30             | 0,86                           | 6,19  | 0,35  | 0,14 | 0,05 | -               | 0,05                          | -     | -    |
|         | Известняк долом.        | -          | -     | 3,86                           | 1,00             | 0,62                           | 41,26 | 10,16 | -    | -    | -               | 0,05                          | 43,05 | 3,20 |
|         | Зола кокса              | -          | -     | 26,48                          | 41,00            | 24,40                          | 4,10  | 1,30  | 0,12 | -    | 2,00            | 0,06                          | -     | -    |

Продолжение таблицы 8

| Вариант  | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|----------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1        | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9     | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| 24       | Железн.руда             | 2          | 0,58  | 80,33                          | 16,80            | 0,92                           | 0,08  | 0,06  | 0,04 | 0,04 | -               | 0,05                          | 1,10  | 2,50 |
|          | Агломерат               | -          | 13,81 | 63,59                          | 9,00             | 1,44                           | 11,00 | 0,86  | 0,17 | 0,05 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | 20         | 1,89  | 83,80                          | 8,50             | 0,27                           | 4,75  | 0,50  | 0,20 | 0,03 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|          | Известняк долом.        | -          | -     | 0,03                           | 1,60             | 0,80                           | 40,00 | 14,07 | -    | -    | 0,50            | 0,03                          | 42,97 | 1,50 |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 30,26                          | 39,81            | 22,66                          | 4,55  | 1,60  | -    | -    | 0,80            | 0,32                          | -     | -    |
| 25       | Железн.руда             | 2          | 0,58  | 78,93                          | 12,20            | 5,16                           | 0,16  | 0,06  | 0,05 | 0,04 | -               | 0,16                          | 2,66  | 3,00 |
|          | Агломерат №1            | 60         | 12,70 | 61,55                          | 10,40            | 1,10                           | 12,30 | 1,70  | 0,15 | 0,04 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | -          | 11,50 | 62,00                          | 10,30            | 1,20                           | 12,30 | 1,20  | 0,20 | 0,04 | -               | 0,05                          | -     | -    |
|          | Известняк               | -          | -     | 0,30                           | 1,30             | 0,50                           | 54,00 | 0,70  | -    | -    | 0,30            | 0,10                          | 42,80 | 2,00 |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 29,29                          | 41,20            | 21,55                          | 4,46  | 1,77  | 0,13 | -    | 1,00            | 0,60                          | -     | -    |
| 26       | Агломерат №1            | -          | 13,20 | 59,00                          | 10,50            | 2,00                           | 13,20 | 1,33  | 0,65 | 0,04 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | 2          | 13,81 | 63,59                          | 9,00             | 1,44                           | 11,00 | 0,86  | 0,17 | 0,05 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | 59         | 3,12  | 81,32                          | 8,45             | 0,65                           | 5,58  | 0,66  | 0,08 | 0,06 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|          | Известняк               | -          | -     | 0,70                           | 1,60             | 0,80                           | 53,50 | 0,70  | -    | -    | 0,30            | 0,03                          | 42,37 | 1,00 |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 28,60                          | 38,90            | 24,10                          | 4,10  | 1,63  | 0,37 | -    | 1,07            | 0,20                          | -     | -    |
| 27       | Агломерат               | -          | 14,70 | 61,14                          | 9,20             | 0,90                           | 12,00 | 0,90  | 0,13 | 0,06 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | 39         | 1,94  | 84,20                          | 8,20             | 0,26                           | 4,75  | 0,46  | 0,10 | 0,03 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|          | Известняк               | -          | -     | 0,30                           | 1,60             | 0,80                           | 40,00 | 14,00 | -    | -    | 0,50            | 0,03                          | 42,37 | 4,00 |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 32,37                          | 36,27            | 22,21                          | 5,08  | 1,70  | 0,39 | -    | 1,68            | 0,30                          | -     | -    |
| 28<br>*1 | Агломерат №1            | -          | 16,86 | 58,99                          | 8,74             | 2,76                           | 9,47  | 2,60  | 0,41 | 0,10 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | -          | 15,07 | 56,00                          | 8,09             | 2,75                           | 15,37 | 2,29  | 0,20 | 0,11 | -               | 0,12                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | -          | 3,38  | 85,37                          | 4,23             | 1,20                           | 3,64  | 1,99  | -    | 0,15 | -               | 0,04                          | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 12,06                          | 50,04            | 26,41                          | 6,60  | 1,50  | 0,14 | -    | 2,50            | 0,75                          | -     | -    |



Продолжение таблицы 8

| Вариант    | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO    | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|------------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|--------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1          | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9      | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| 29         | Агломерат №1            | -          | 16,36 | 58,00                          | 7,55             | 4,94                           | 9,52  | 2,08   | 1,26 | 0,17 | -               | 0,12                          | -     | -    |
|            | Агломерат №2            | -          | 17,59 | 53,46                          | 10,00            | 5,66                           | 9,00  | 1,58   | 1,05 | 0,10 | -               | 0,11                          | -     | -    |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 12,06                          | 54,04            | 26,41                          | 6,60  | 1,50   | 0,14 | -    | 2,50            | 0,75                          | -     | -    |
| 30         | Агломерат               | -          | 18,90 | 62,33                          | 6,85             | 1,67                           | 8,43  | 1,41   | 0,13 | 0,20 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|            | Окатыши                 | -          | 6,00  | 81,59                          | 5,83             | 1,06                           | 4,29  | 0,85   | 0,11 | 0,20 | -               | 0,07                          | -     | -    |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 12,60                          | 49,00            | 27,96                          | 5,85  | 1,65   | 0,14 | -    | 2,00            | 0,80                          | -     | -    |
| 31         | Железн.руда             | 2          | 0,80  | 80,00                          | 15,10            | 1,46                           | 0,08  | 0,05   | 0,04 | -    | -               | 0,08                          | 2,39  | 2,52 |
|            | Агломерат               | -          | 14,07 | 66,15                          | 6,70             | 1,30                           | 8,70  | 2,50   | 0,39 | 0,04 | -               | 0,15                          | -     | -    |
|            | Окатыши                 | -          | 2,85  | 82,57                          | 8,46             | 0,65                           | 4,36  | 0,90   | 0,08 | 0,05 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 10,00                          | 53,50            | 25,00                          | 5,50  | 2,50   | -    | -    | 3,10            | 0,40                          | -     | -    |
| 32         | Агломерат               | -          | 15,00 | 66,66                          | 5,69             | 1,67                           | 6,79  | 3,72   | 0,19 | 0,07 | -               | 0,21                          | -     | -    |
|            | Окатыши                 | -          | 3,12  | 81,32                          | 8,25             | 0,65                           | 6,17  | 0,36   | 0,08 | 0,03 | -               | 0,02                          | -     | -    |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 14,11                          | 48,12            | 27,20                          | 6,45  | 1,45   | 0,10 | -    | 1,50            | 1,07                          | -     | -    |
| 33         | Железн.руда             | 15         | 6,70  | 75,44                          | 7,93             | 1,29                           | 1,80  | 0,24   | -    | 0,60 | -               | 0,08                          | 5,92  | 3,00 |
|            | Агломерат               | -          | 15,43 | 61,70                          | 9,32             | 1,18                           | 10,60 | 1,25   | 0,45 | 0,04 | -               | 0,03                          | -     | -    |
|            | Известняк               | -          | -     | 3,24                           | 1,00             | 0,62                           | 41,00 | 10,10  | -    | -    | -               | 0,65                          | 43,39 | 2,00 |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 25,48                          | 42,00            | 24,40                          | 4,10  | 1,30   | 0,10 | -    | 2,00            | 0,62                          | -     | -    |
| 34         | Агломерат №1            | 46         | 13,20 | 61,57                          | 9,10             | 1,40                           | 12,00 | 0,601, | 0,90 | 0,06 | -               | 0,13                          | -     | -    |
|            | Агломерат №2            | -          | 10,99 | 53,43                          | 11,70            | 3,20                           | 14,40 | 1,10   | 2,45 | 0,23 | -               | 2,50                          | -     | -    |
|            | Агломерат №3            | 17         | 12,70 | 60,82                          | 9,80             | 1,10                           | 12,84 | 1,45   | 1,12 | 0,12 | -               | 0,05                          | -     | -    |
|            | Агломерат №4            | 8          | 14,70 | 62,70                          | 9,90             | 1,44                           | 10,10 | 0,86   | 0,17 | 0,05 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|            | Известняк               | -          | -     | 0,40                           | 2,00             | 0,60                           | 51,00 | 0,50   | -    | -    | 0,50            | 0,05                          | 41,95 | 3,00 |
| Зола кокса | -                       | -          | 11,30 | 50,00                          | 26,60            | 5,20                           | 2,20  | 0,20   | -    | 3,14 | 1,36            | -                             | -     |      |

Продолжение таблицы 8

| Вариант    | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|------------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1          | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9    | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| 35         | Агломерат               | -          | 13,10 | 60,86                          | 9,20             | 1,60                           | 14,30 | 0,50 | 0,26 | 0,15 | -               | 0,11                          | -     | -    |
|            | Окатыши №1              | 50         | 1,11  | 93,43                          | 4,60             | 0,30                           | 0,17  | 0,25 | 0,10 | 0,04 | -               | 0,25                          | -     | -    |
|            | Окатыши №2              | 2          | 5,30  | 86,03                          | 4,37             | 1,25                           | 3,25  | 1,45 | 0,24 | 0,05 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|            | Известняк               | -          | -     | 0,50                           | 1,00             | 0,3526                         | 54,00 | 0,55 | 0,12 | -    | 0,05            | 0,08                          | 43,40 | 3,50 |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 11,30                          | 50,80            | ,60                            | 5,20  | 2,20 | 0,26 | -    | 3,14            | 1,56                          | -     | -    |
| 36         | Железн.руда             | 25         | 9,90  | 68,58                          | 9,35             | 3,50                           | 1,10  | 0,49 | 0,30 | 0,40 | -               | 0,20                          | 2,00  | 1,50 |
|            | Агломерат №1            | -          | 17,70 | 57,50                          | 1,60             | 0,60                           | 10,40 | 1,50 | 0,40 | 0,18 | -               | 0,14                          | -     | -    |
|            | Агломерат №2            | 50         | 13,60 | 44,60                          | 13,10            | 4,70                           | 13,30 | 6,70 | 1,69 | 0,16 | -               | 0,12                          | -     | -    |
|            | Окатыши                 | 48         | 1,11  | 93,29                          | 4,60             | 1,20                           | 0,17  | 0,60 | 0,10 | 0,05 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|            | Известняк               | -          | -     | 0,50                           | 1,70             | 0,50                           | 54,00 | 0,70 | -    | -    | 0,04            | 0,03                          | 42,53 | 2,50 |
| Зола кокса | -                       | -          | 9,70  | 48,30                          | 22,84            | 6,10                           | 2,40  | 0,30 | -    | 2,20 | 1,00            | -                             | -     |      |
| 37         | Агломерат №1            | -          | 14,90 | 61,71                          | 7,90             | 3,00                           | 8,93  | 2,45 | 0,80 | 0,14 | -               | 0,17                          | -     | -    |
|            | Агломерат №2            | -          | 13,80 | 58,67                          | 9,50             | 2,50                           | 11,69 | 2,89 | 0,55 | 0,24 | -               | 0,16                          | -     | -    |
|            | Окатыши №1              | 30         | 3,19  | 80,57                          | 3,70             | 3,00                           | 4,64  | 2,70 | 0,40 | 0,12 | -               | 0,04                          | -     | -    |
|            | Окатыши №2              | 9          | 18,90 | 55,29                          | 9,30             | 2,49                           | 11,80 | 1,50 | 0,40 | 0,22 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 8,90                           | 53,40            | 26,60                          | 6,20  | 1,40 | 0,16 | -    | 2,00            | 0,35                          | -     | -    |
| 38         | Агломерат               | -          | 18,90 | 62,23                          | 6,85             | 1,67                           | 8,43  | 1,41 | 0,13 | 0,20 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|            | Окатыши                 | -          | 6,00  | 81,59                          | 5,83             | 1,06                           | 4,02  | 0,85 | 0,11 | 0,20 | -               | 0,07                          | -     | -    |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 11,60                          | 50,00            | 27,96                          | 5,85  | 1,65 | 0,14 | -    | 3,00            | 0,80                          | -     | -    |
| 39         | Агломерат               | -          | 10,80 | 66,38                          | 7,80             | 1,60                           | 11,10 | 2,00 | 0,15 | 0,09 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|            | Окатыши                 | -          | 1,18  | 88,87                          | 3,85             | 1,09                           | 3,65  | 0,96 | 0,17 | 0,16 | -               | 0,07                          | -     | -    |
|            | Зола кокса              | -          | -     | 9,50                           | 50,00            | 26,50                          | 5,50  | 1,80 | 0,14 | -    | 3,00            | 1,00                          | -     | -    |

Продолжение таблицы 8

| Вариант  | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|----------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1        | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9     | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| 40<br>*1 | Железн.руда             | 9          | 22,40 | 51,00                          | 9,50             | 2,08                           | 7,16  | 0,87  | 0,85 | 0,19 | -               | 0,25                          | 5,70  | 3,50 |
|          | Агломерат №1            | -          | 15,70 | 64,39                          | 5,92             | 2,75                           | 6,83  | 2,91  | 1,30 | 0,05 | -               | 0,15                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | -          | 16,90 | 58,37                          | 8,10             | 3,40                           | 6,00  | 5,40  | 0,36 | 0,05 | -               | 0,17                          | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 14,11                          | 48,19            | 27,20                          | 6,45  | 1,45  | 0,10 | -    | 1,50            | -                             | -     | -    |
| 41       | Агломерат               | -          | 13,10 | 60,86                          | 9,20             | 1,52                           | 14,30 | 0,50  | 0,26 | 0,15 | -               | 0,11                          | -     | -    |
|          | Окатыши №1              | 25         | 1,1   | 93,2                           | 4,59             | 0,30                           | 0,17  | 0,25  | 0,10 | 0,04 | -               | 0,25                          | -     | -    |
|          | Окатыши №2              | -          | 5,2   | 84,33                          | 4,28             | 1,23                           | 3,19  | 1,42  | 0,24 | 0,05 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 11,19                          | 50,24            | 26,36                          | 5,14  | 2,17  | 0,26 | -    | 3,10            | 1,54                          | -     | -    |
| 42       | Агломерат               | -          | 12,00 | 63,40                          | 10,03            | 1,76                           | 12,03 | 1,50  | 1,06 | 0,07 | -               | 0,02                          | -     | -    |
|          | Известняк               | -          | -     | 0,71                           | 1,68             | 0,79                           | 40,00 | 14,24 | -    | -    | 0,5             | 0,03                          | 42,37 | 1,50 |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 25,83                          | 42,37            | 22,36                          | 2,81  | 1,16  | 0,19 | -    | 2,00            | 0,16                          | -     | -    |
| 43       | Агломерат               | -          | 9,47  | 59,2                           | 10,79            | 1,94                           | 14,64 | 2,18  | 1,09 | 0,15 | -               | 0,66                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | -          | 9,6   | 84,7                           | 4,65             | 1,4                            | 3,49  | 1,60  | 0,20 | 0,05 | -               | 0,30                          | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 11,6                           | 49,5             | 27,2                           | 4,40  | 1,80  | 0,15 | -    | 1,27            | 0,87                          | -     | -    |
| 44       | Агломерат               | -          | 12,60 | 63,2                           | 8,0              | 1,38                           | 12,2  | 1,25  | 1,20 | 0,08 | -               | 0,09                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | 70         | 2,60  | 81,4                           | 8,23             | 0,80                           | 6,06  | 0,60  | 0,15 | 0,08 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|          | Известняк               | -          | -     | 0,80                           | 1,60             | 0,80                           | 53,30 | 0,70  | -    | -    | 0,30            | 0,03                          | 42,47 | 3,00 |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 25,80                          | 42,50            | 22,90                          | 4,80  | 1,46  | 0,4  | -    | 2,04            | 0,10                          | -     | -    |
| 45<br>*1 | Агломерат №1            | -          | 12,70 | 65,7                           | 9,40             | 1,44                           | 9,86  | 0,65  | 0,17 | 0,03 | -               | 0,05                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | -          | 12,70 | 63,8                           | 9,18             | 1,39                           | 11,30 | 1,25  | 0,26 | 0,06 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|          | Известняк               | -          | -     | 3,84                           | 1,00             | 0,62                           | 41,00 | 10,10 | -    | -    | 0,09            | 0,05                          | 43,39 | 2,53 |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 25,48                          | 42,00            | 24,40                          | 4,10  | 1,30  | 0,12 | 0,06 | 2,00            | 0,60                          | -     | -    |

Продолжение таблицы 8

| Вариант  | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|----------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1        | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9    | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| 46       | Агломерат №1            | -          | 14,00 | 66,86                          | 6,60             | 1,30                           | 8,50  | 2,30 | 0,26 | 0,06 | -               | 0,12                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | 20         | 10,50 | 69,29                          | 8,10             | 1,30                           | 9,90  | 0,35 | 1,20 | 0,04 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | -          | 2,40  | 82,86                          | 7,66             | 0,66                           | 4,20  | 1,19 | 0,10 | 0,04 | -               | -                             | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 28,50                          | 35,56            | 26,30                          | 5,60  | 2,40 | 0,10 | -    | 2,00            | 0,25                          | -     | -    |
| 47       | Агломерат               | -          | 14,71 | 61,13                          | 9,29             | 0,95                           | 11,6  | 1,02 | 1,20 | 0,08 | -               | 0,02                          | -     | -    |
|          | Известняк               | -          | -     | 0,72                           | 1,67             | 0,71                           | 40,0  | 14,0 | -    | -    | 0,50            | 0,03                          | 42,37 | 2,50 |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 26,64                          | 43,77            | 23,13                          | 2,89  | 1,10 | 0,21 | -    | 2,06            | 0,11                          | -     | -    |
| 48       | Агломерат №1            | -          | 12,80 | 63,32                          | 9,00             | 3,00                           | 10,10 | 1,30 | 0,40 | 0,04 | -               | 0,04                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | 10         | 13,30 | 62,80                          | 8,50             | 2,80                           | 9,40  | 2,00 | 1,04 | 0,08 | -               | 0,08                          | -     | -    |
|          | Агломерат №3            | -          | 15,30 | 59,00                          | 9,20             | 2,62                           | 5,60  | 5,90 | 0,30 | 0,04 | -               | 0,04                          | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 13,60                          | 52,40            | 25,30                          | 5,60  | 2,40 | 0,10 | -    | 0,60            | -                             | -     | =    |
| 49       | Агломерат №1            | -          | 15,80 | 63,00                          | 6,60             | 2,60                           | 7,90  | 3,00 | 0,87 | 0,04 | -               | 0,19                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | -          | 14,60 | 59,71                          | 9,20             | 3,40                           | 5,60  | 5,80 | 0,28 | 0,10 | -               | 0,21                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | 5          | 1,00  | 92,38                          | 5,70             | 0,30                           | 0,30  | 0,30 | 0,07 | 0,02 | -               | 0,03                          | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 8,50                           | 51,80            | 25,50                          | 3,50  | 2,90 | 0,16 | -    | 2,00            | 0,65                          | -     | -    |
| 50<br>*1 | Агломерат №1            | -          | 15,90 | 55,15                          | 9,60             | 2,30                           | 12,80 | 3,30 | 0,77 | 0,08 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|          | Агломерат №2            | -          | 15,60 | 55,81                          | 9,20             | 2,40                           | 12,70 | 3,30 | 0,80 | 0,07 | -               | 0,12                          | -     | -    |
|          | Окатыши                 | -          | ,08   | 92,00                          | 5,78             | 0,31                           | 0,23  | 0,37 | 0,20 | 0,01 | =               | 0,03                          | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 13,10                          | 53,36            | 23,40                          | 3,10  | 0,90 | 0,14 | -    | 2,70            | 0,60                          | -     | -    |
| 51       | Агломерат               | -          | 15,90 | 55,15                          | 9,60             | 2,30                           | 12,80 | 3,30 | 0,77 | 0,08 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|          | Окатыши №1              | -          | 1,00  | 92,28                          | 5,70             | 0,30                           | 0,20  | 0,30 | 0,18 | 0,02 | -               | 0,02                          | -     | -    |
|          | Окатыши №2              | 20         | 1,30  | 83,00                          | 10,10            | 0,20                           | 4,80  | 0,40 | 0,15 | 0,02 | -               | 0,03                          | -     | -    |
|          | Зола кокса              | -          | -     | 22,20                          | 43,60            | 24,30                          | 2,30  | 0,90 | 0,12 | -    | 3,00            | 0,60                          | -     | -    |

Окончание таблицы 8

| Вариант              | Наименование материалов | Расход, кг | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | MnO  | FeS  | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | п.п.  | W    |
|----------------------|-------------------------|------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|------|------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1                    | 2                       | 3          | 4     | 5                              | 6                | 7                              | 8     | 9     | 10   | 11   | 12              | 13                            | 14    | 15   |
| 52                   | Железн.руда             | 2          | 0,58  | 78,93                          | 12,20            | 5,16                           | 0,16  | 0,06  | 0,05 | 0,04 | -               | 0,16                          | 2,66  | 1,78 |
|                      | Агломерат №1            | -          | 9,40  | 61,00                          | 11,90            | 2,29                           | 12,60 | 1,50  | 1,20 | 0,05 | -               | 0,06                          | -     | -    |
|                      | Агломерат №2            | 20         | 9,40  | 61,86                          | 10,10            | 2,21                           | 13,80 | 1,50  | 1,00 | 0,06 | -               | 0,07                          | -     | -    |
|                      | Известняк               | -          | -     | 0,30                           | 1,30             | 0,50                           | 54,00 | 0,70  | -    | -    | -               | 0,10                          | 43,1  | 3,50 |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 21,78                          | 42,43            | 24,20                          | 3,03  | 1,92  | 0,10 | -    | 2,00            | 0,50                          | -     | -    |
| 53                   | Агломерат               | -          | 11,90 | 60,18                          | 11,00            | 1,00                           | 13,30 | 1,70  | 0,52 | 0,24 | -               | 0,16                          | -     | -    |
|                      | Известняк               | -          | -     | 0,30                           | 1,30             | 0,50                           | 54,00 | 0,70  | -    | -    | -               | -                             | 42,80 | 3,20 |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 28,70                          | 38,70            | 23,20                          | 2,80  | 1,80  | 0,30 | -    | 1,50            | 0,70                          | -     | -    |
| 54<br>* <sup>1</sup> | Агломерат №1            | -          | 13,80 | 60,99                          | 9,70             | 1,20                           | 12,20 | 1,00  | 1,03 | 0,03 | -               | 0,05                          | -     | -    |
|                      | Агломерат №2            | -          | 14,10 | 62,03                          | 9,36             | 1,40                           | 11,30 | 0,80  | 0,85 | 0,06 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|                      | Известняк               | -          | -     | 3,80                           | 1,00             | 0,60                           | 41,00 | 10,50 | -    | -    | -               | 0,06                          | 43,04 | 1,5  |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 28,60                          | 39,00            | 23,00                          | 2,80  | 1,27  | 0,18 | -    | 2,00            | 0,15                          | -     | -    |
| 55                   | Агломерат               | -          | 13,40 | 55,47                          | 9,30             | 1,00                           | 17,00 | 3,00  | 0,45 | 0,28 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|                      | Окатыши                 | -          | 3,88  | 81,92                          | 7,70             | 0,69                           | 4,38  | 1,04  | 0,14 | 0,06 | -               | 0,10                          | -     | -    |
|                      | Зола кокса              | -          | -     | 28,70                          | 39,96            | 23,80                          | 3,60  | 1,80  | 0,14 | -    | 1,40            | 0,60                          | -     | -    |

\*<sup>1</sup> Агломераты идут в шихту при отношении 1:1.

\*<sup>2</sup> Агломераты №1 и 2, а также №3 и 4 идут в шихту при отношении 1:1.

*Химический состав чугуна и основность шлака*

| Вариант | Химический состав чугуна, % |       |       |         | Основность шлака, В |
|---------|-----------------------------|-------|-------|---------|---------------------|
|         | Si                          | S     | C + P | Fe + Mn |                     |
| 1       | 2                           | 3     | 4     | 5       | 6                   |
| 1       | 0,74                        | 0,020 | 4,70  | 94,54   | 0,85                |
| 2       | 0,68                        | 0,018 | 4,60  | 94,702  | 0,97                |
| 3       | 0,65                        | 0,015 | 4,68  | 94,655  | 0,97                |
| 4       | 0,65                        | 0,018 | 4,60  | 94,732  | 0,92                |
| 5       | 0,69                        | 0,019 | 4,65  | 94,641  | 0,92                |
| 6       | 0,67                        | 0,018 | 4,63  | 94,682  | 0,92                |
| 7       | 0,83                        | 0,027 | 4,65  | 94,493  | 1,23                |
| 8       | 0,83                        | 0,029 | 4,70  | 94,441  | 1,23                |
| 9       | 0,71                        | 0,016 | 4,56  | 94,714  | 1,03                |
| 10      | 0,70                        | 0,017 | 4,80  | 94,483  | 1,03                |
| 11      | 0,68                        | 0,019 | 4,65  | 94,651  | 1,03                |
| 12      | 0,69                        | 0,017 | 4,57  | 94,723  | 1,12                |
| 13      | 0,65                        | 0,017 | 4,65  | 94,683  | 1,12                |
| 14      | 0,70                        | 0,020 | 4,60  | 94,68   | 1,12                |
| 15      | 0,66                        | 0,021 | 4,70  | 94,619  | 1,08                |
| 16      | 0,82                        | 0,018 | 4,68  | 94,482  | 1,07                |
| 17      | 0,82                        | 0,023 | 4,69  | 94,467  | 1,07                |
| 18      | 0,75                        | 0,028 | 4,75  | 94,472  | 0,92                |
| 19      | 0,75                        | 0,028 | 4,75  | 94,472  | 0,92                |
| 20      | 0,66                        | 0,020 | 4,70  | 94,62   | 1,11                |
| 21      | 0,64                        | 0,020 | 4,56  | 94,78   | 1,11                |
| 22      | 0,85                        | 0,023 | 4,71  | 94,417  | 1,21                |
| 23      | 0,82                        | 0,026 | 4,73  | 94,424  | 1,22                |
| 24      | 0,76                        | 0,030 | 4,60  | 94,61   | 1,27                |
| 25      | 0,89                        | 0,015 | 4,70  | 94,395  | 1,18                |
| 26      | 0,81                        | 0,030 | 4,68  | 94,48   | 1,23                |
| 27      | 0,82                        | 0,029 | 4,68  | 94,471  | 1,19                |
| 28      | 0,89                        | 0,021 | 4,68  | 94,409  | 1,24                |
| 29      | 0,80                        | 0,025 | 4,75  | 94,425  | 1,24                |

*Характеристика топлива доменной плавки*

| Вариант | Расход сухого кокса, кг | Анализ кокса, % |                |                |
|---------|-------------------------|-----------------|----------------|----------------|
|         |                         | A <sup>c</sup>  | S <sup>c</sup> | W <sup>c</sup> |
| 1       | 2                       | 3               | 4              | 10             |
| 1       | 50,3                    | 10,90           | 0,42           | 2,90           |
| 2       | 50,6                    | 10,90           | 0,40           | 3,65           |
| 3       | 50,6                    | 10,90           | 0,41           | 3,60           |
| 4       | 43,5                    | 10,50           | 0,36           | 1,45           |
| 5       | 43,4                    | 10,75           | 0,36           | 1,50           |
| 6       | 43,0                    | 10,10           | 0,36           | 1,90           |
| 7       | 49,3                    | 10,37           | 1,58           | 2,86           |
| 8       | 50,2                    | 10,37           | 1,58           | 2,86           |
| 9       | 45,3                    | 11,60           | 0,50           | 3,50           |
| 10      | 43,3                    | 11,00           | 0,49           | 3,40           |
| 11      | 44,0                    | 11,00           | 0,49           | 2,70           |
| 12      | 43,7                    | 11,80           | 0,54           | 3,00           |
| 13      | 43,5                    | 11,30           | 0,52           | 3,18           |
| 14      | 42,4                    | 11,40           | 0,87           | 1,50           |
| 15      | 42,0                    | 11,40           | 0,87           | 1,50           |
| 16      | 55,2                    | 12,90           | 0,63           | 4,50           |
| 17      | 55,0                    | 13,00           | 0,70           | 3,70           |
| 18      | 50,2                    | 11,40           | 0,49           | 4,70           |
| 19      | 50,9                    | 11,40           | 0,52           | 4,56           |
| 20      | 47,5                    | 11,70           | 0,43           | 2,60           |
| 21      | 47,0                    | 11,50           | 0,43           | 2,80           |
| 22      | 49,2                    | 10,20           | 1,47           | 3,90           |
| 23      | 52,0                    | 10,70           | 1,10           | 4,40           |
| 24      | 46,3                    | 9,50            | 1,50           | 4,70           |
| 25      | 52,2                    | 12,40           | 0,70           | 4,50           |
| 26      | 49,8                    | 10,52           | 1,41           | 3,92           |
| 27      | 50,8                    | 10,24           | 1,40           | 4,12           |
| 28      | 47,6                    | 10,20           | 1,67           | 3,60           |
| 29      | 48,2                    | 10,61           | 1,53           | 4,60           |
| 30      | 50,0                    | 10,50           | 0,47           | 2,00           |

Продолжение таблицы 10

| Вариант | Расход сухого кокса, кг | Анализ кокса, % |                |                |
|---------|-------------------------|-----------------|----------------|----------------|
|         |                         | A <sup>c</sup>  | S <sup>c</sup> | W <sup>c</sup> |
| 31      | 50,0                    | 10,40           | 0,47           | 2,00           |
| 32      | 45,5                    | 10,50           | 0,46           | 2,00           |
| 33      | 52,0                    | 10,90           | 0,41           | 2,70           |
| 34      | 44,0                    | 10,70           | 0,51           | 0,80           |
| 35      | 43,5                    | 11,00           | 0,45           | 1,20           |
| 36      | 43,4                    | 9,50            | 1,70           | 2,00           |
| 37      | 56,2                    | 9,60            | 1,70           | 3,40           |
| 38      | 52,2                    | 12,50           | 0,67           | 1,14           |
| 39      | 50,9                    | 11,20           | 0,45           | 2,50           |
| 40      | 47,0                    | 11,40           | 0,44           | 3,00           |
| 41      | 43,0                    | 11,90           | 0,59           | 3,45           |
| 42      | 43,5                    | 10,50           | 0,40           | 3,47           |
| 43      | 44,0                    | 11,00           | 0,41           | 1,40           |
| 44      | 52,2                    | 12,50           | 0,67           | 1,15           |
| 45      | 49,2                    | 9,71            | 1,75           | 3,00           |
| 46      | 55,2                    | 12,4            | 0,70           | 3,00           |
| 47      | 49,3                    | 9,70            | 1,75           | 2,00           |
| 48      | 50,2                    | 9,60            | 1,60           | 1,4            |
| 49      | 42,4                    | 10,50           | 1,50           | 3,00           |
| 50      | 48,5                    | 9,71            | 1,75           | 3,00           |
| 51      | 50,6                    | 10,50           | 0,40           | 3,70           |
| 52      | 43,4                    | 10,50           | 0,36           | 1,50           |
| 53      | 42,0                    | 12,00           | 0,62           | 0,50           |
| 54      | 42,4                    | 11,40           | 0,88           | 1,50           |
| 55      | 50,8                    | 10,16           | 1,40           | 4,10           |
| 56      | 49,2                    | 10,80           | 1,47           | 3,90           |
| 57      | 49,3                    | 10,70           | 1,67           | 2,90           |
| 58      | 52,0                    | 10,00           | 1,66           | 3,90           |



Диаграммы состояния системы CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>  
при различных концентрациях Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

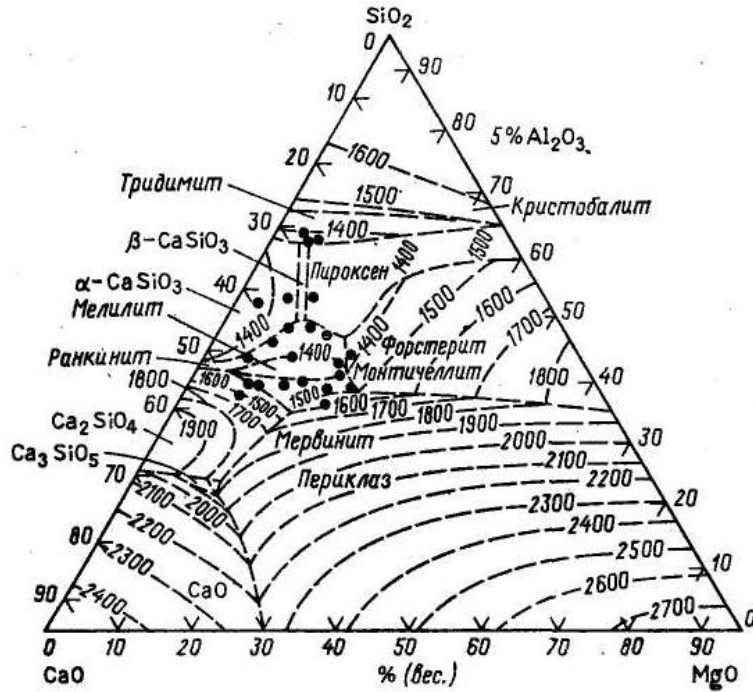


Рис. 1: при 5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

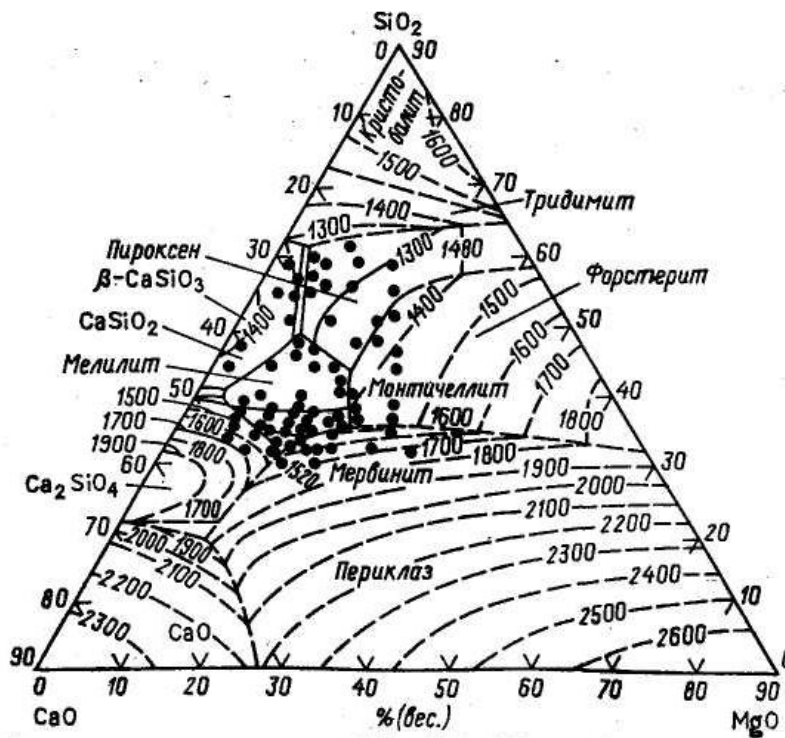


Рис. 2: при 10 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

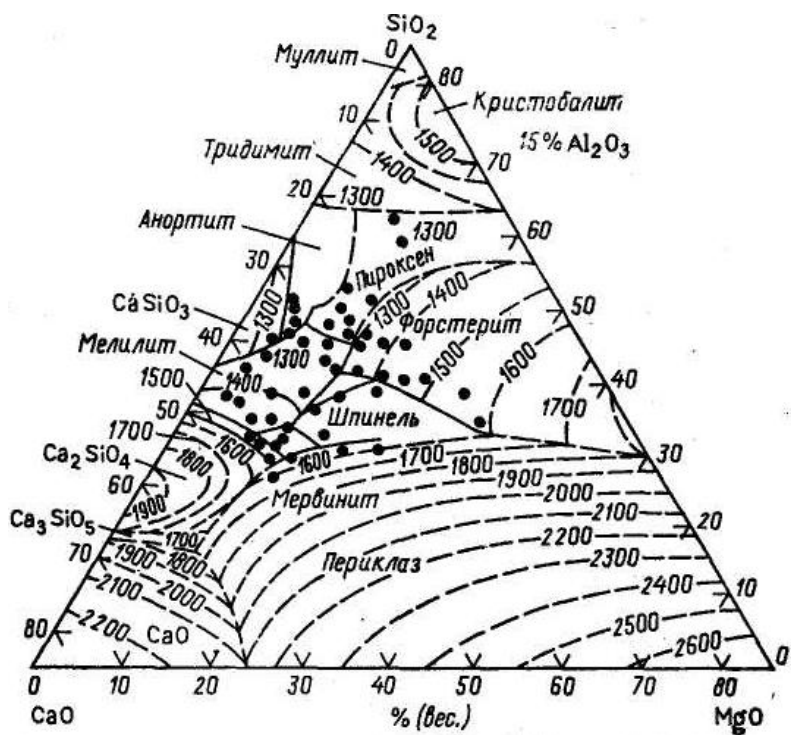


Рис. 3: при 15 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

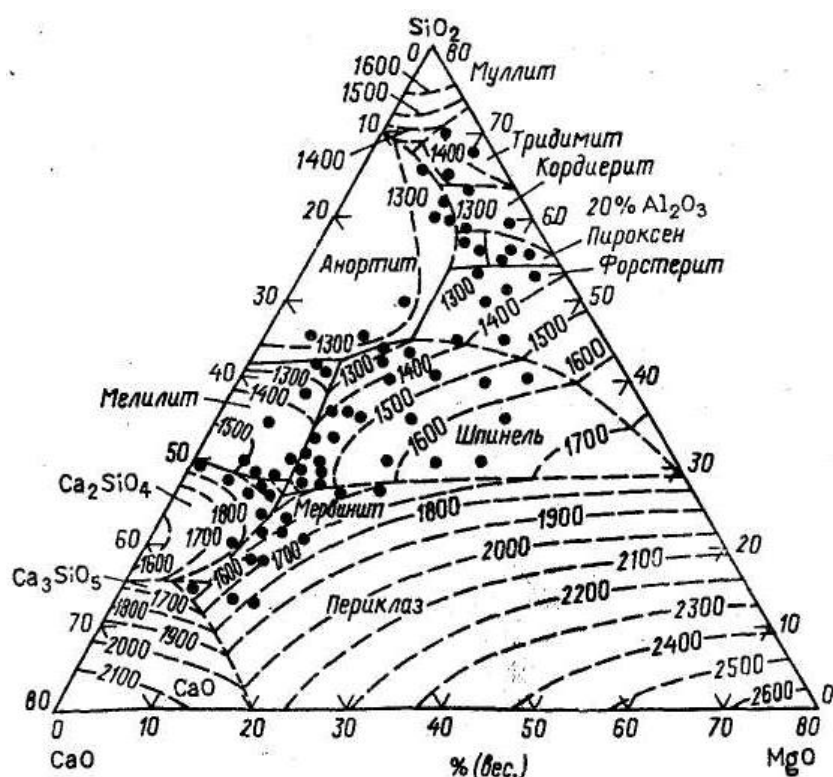


Рис. 4: при 20 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

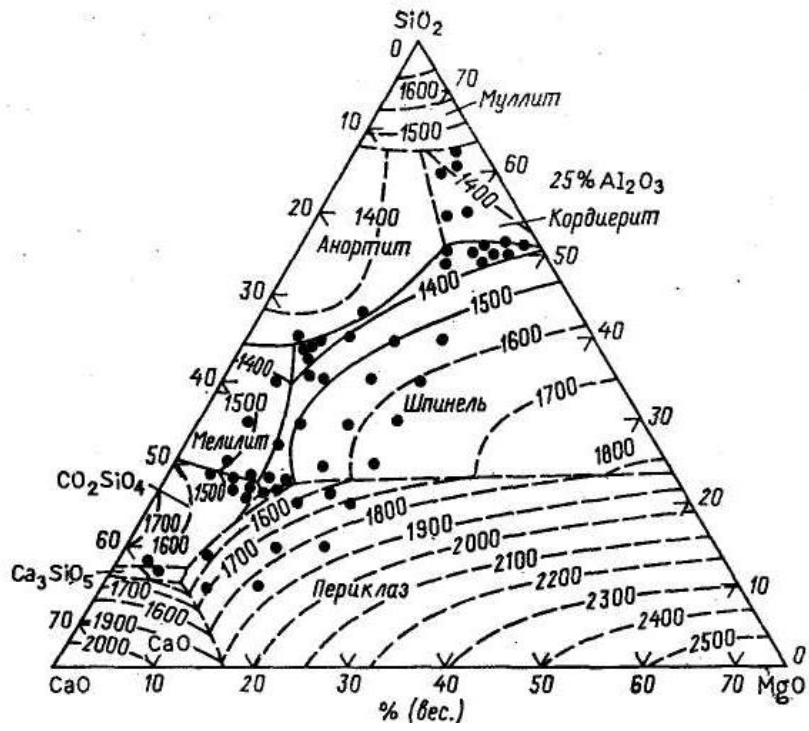


Рис.5: при 25 %  $Al_2O_3$

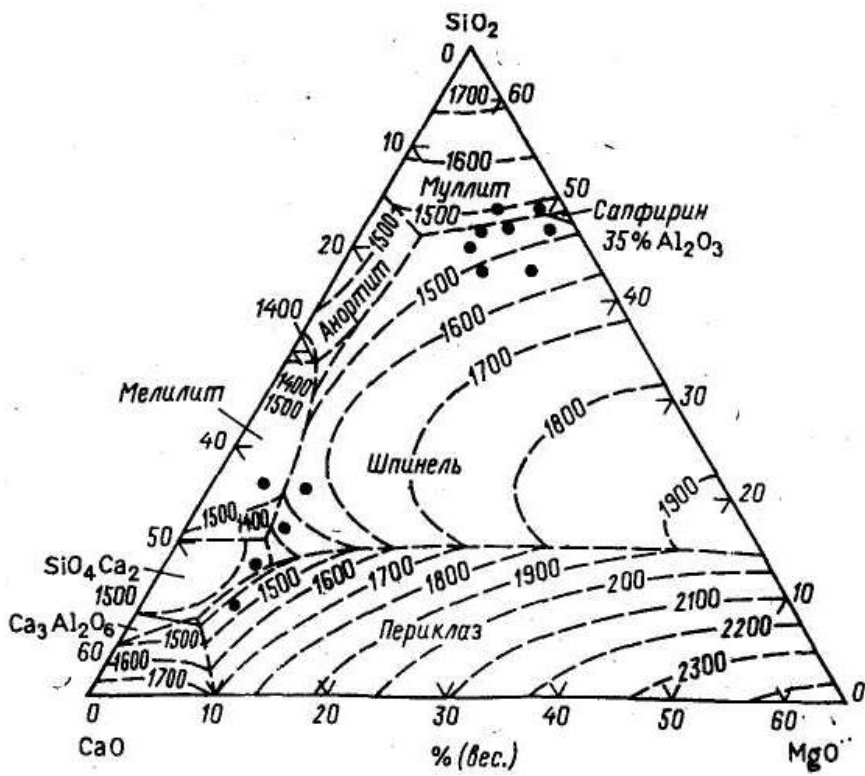


Рис. 6: при 35 %  $Al_2O_3$

Диаграммы вязкости шлаков системы  $\text{SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  при различных концентрациях  $\text{SiO}_2$  и температуре 1773 К (а) и 1673 К (б)

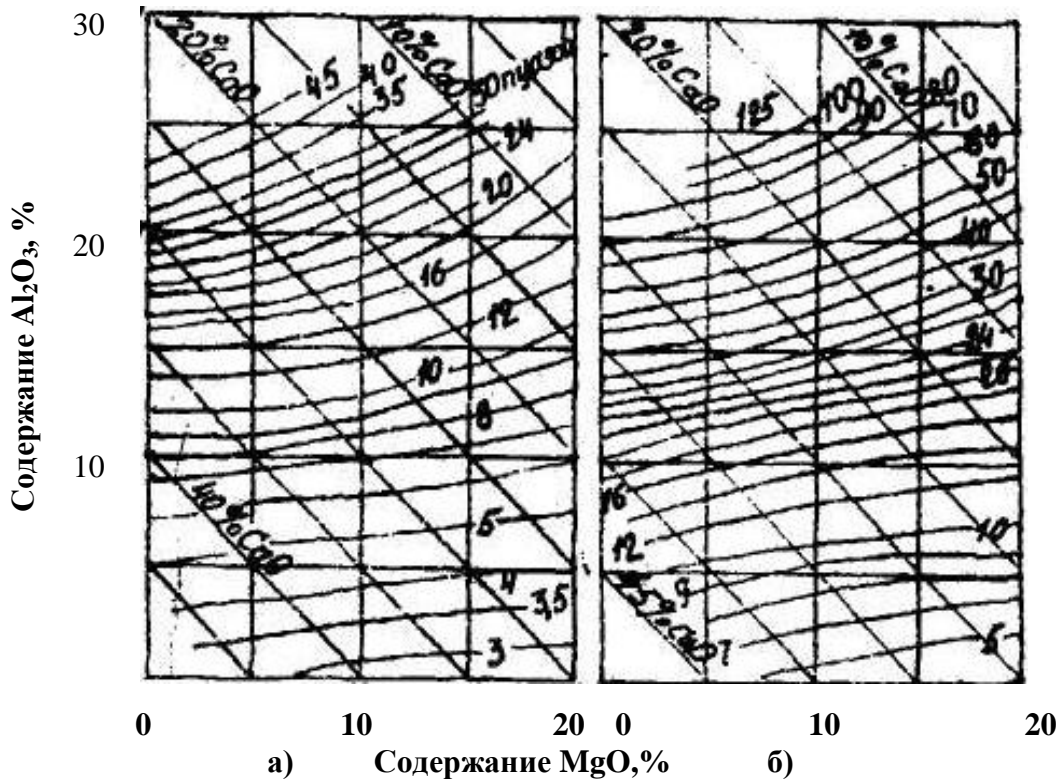


Рис. 7: при 50%  $\text{SiO}_2$

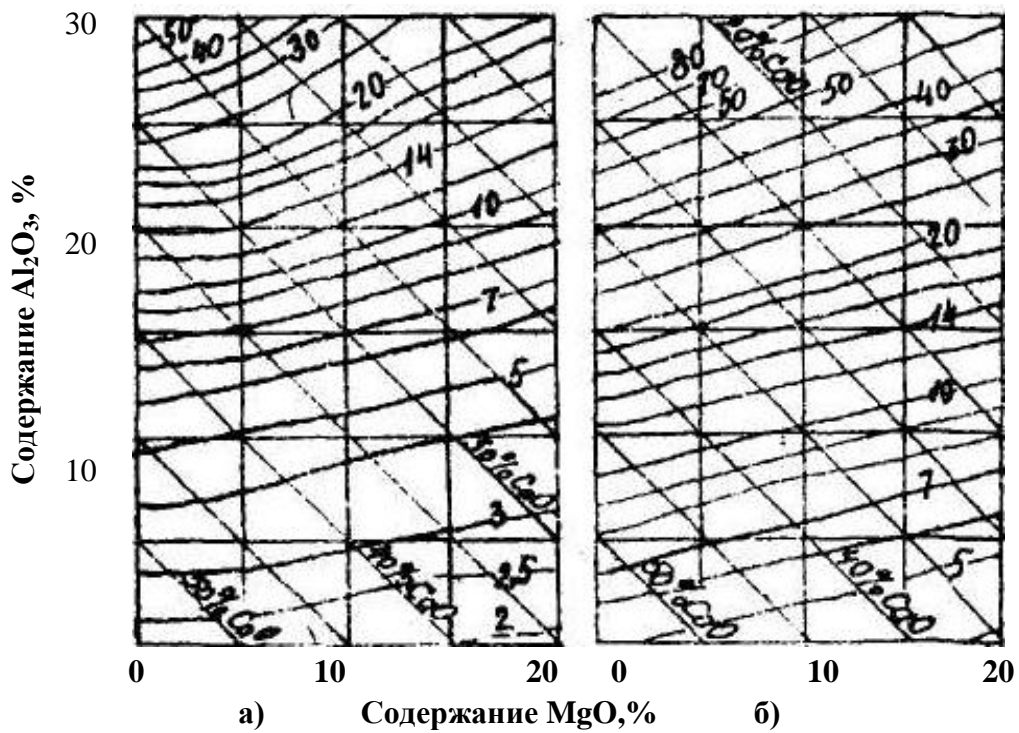


Рис. 8: при 45%  $\text{SiO}_2$

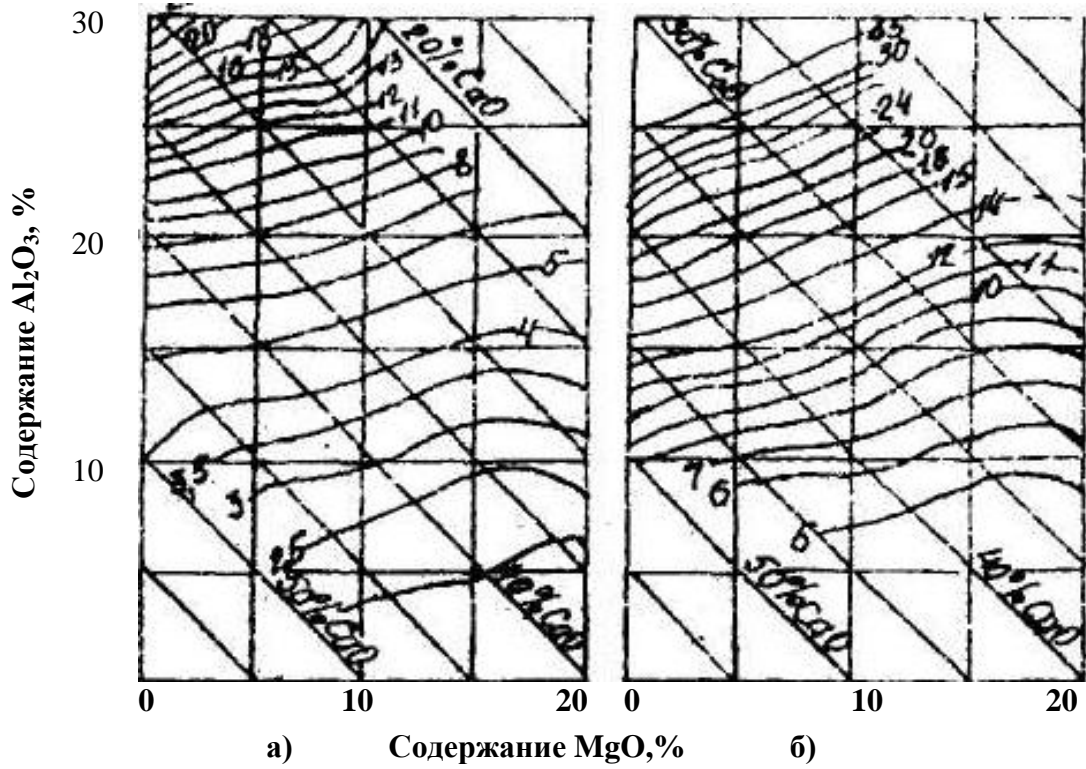


Рис. 9: при 40%  $SiO_2$

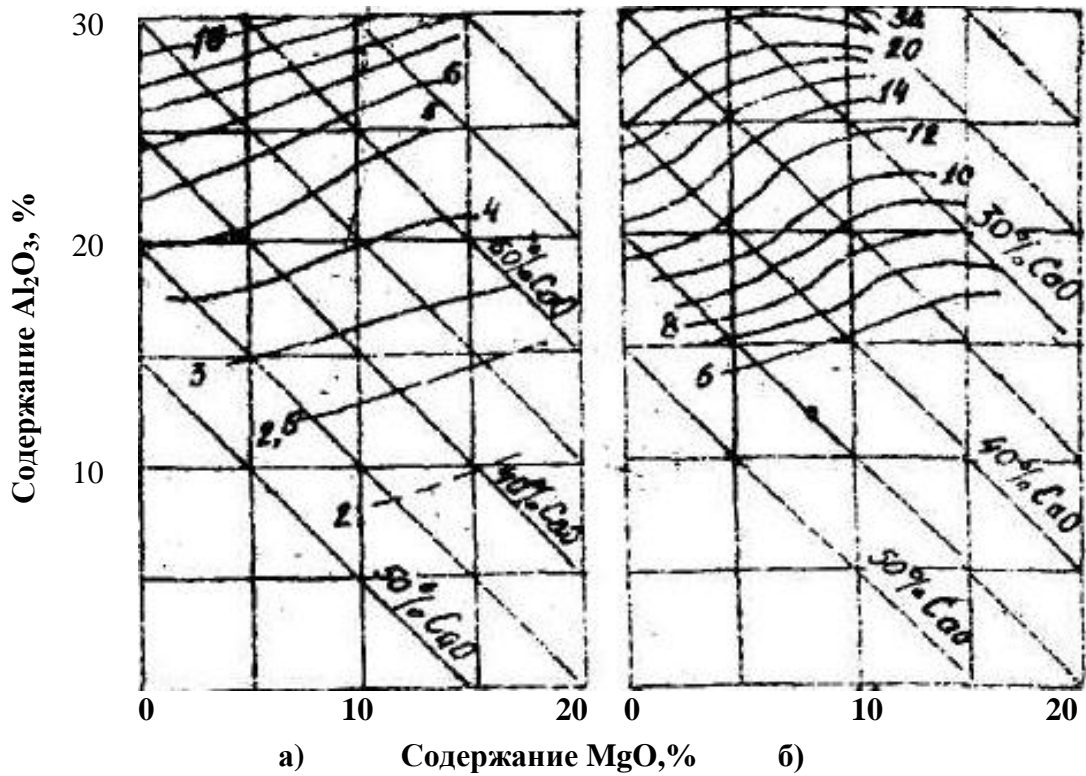


Рис. 10: при 35%  $SiO_2$

Значение вязкости приведено в пузах (10П = 1Па·с).

### Темы на специальную часть курсовой работы

1. Нагрев дутья.
2. Увлажнение дутья.
3. Обогащение дутья кислородом.
4. Комбинированное дутье.
5. Вдувание жидкого топлива.
6. Вдувание в печь природного газа.
7. Современное бескоксовое производство чугуна.
8. Внедоменная десульфурация чугуна.
9. Вдувание в печь горячих восстановительных газов.
10. Доменная плавка на металлизированной шихте.
11. Снижение количества цинка, поступающего в доменную печь.
12. Внедоменное получение железа. Процессы твердофазного восстановления железа – Мидрекс-процесс.
13. Внедоменное получение железа. Процессы твердофазного восстановления железа – ХиЛ (HyL).
14. Внедоменное получение железа. Процессы твердофазного восстановления железа – установка Круппа.
15. Внедоменное получение железа. Процессы жидкофазного восстановления железа – процесс COREX.
16. Внедоменное получение железа. Процессы жидкофазного восстановления железа – процесс ROMELT.
17. Вдувание в печь пылеугольного топлива.
18. Качество кокса и возможности снижения его расхода в доменной плавке.
19. Контроль потерь железа с неулавливаемыми продуктами доменной плавки.
20. Возможности переработки металлургических отходов в доменной печи.



## РАСЧЕТ ДОМЕННОЙ ШИХТЫ

Методические указания к выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Производство чугуна и прямое получение железа»  
для студентов специальности 150101 «Металлургия черных металлов»  
очной и заочной форм обучения

Составитель Ирина Сергеевна Сулимова

Печатается в редакции составителя.

Подписано к печати 9.11.10

Формат 60x84/16. Бумага офсетная

Плоская печать. Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд.л. 2,10

Тираж 30 экз. Заказ 1292. Цена свободная.

ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.

652050. Юрга, ул. Московская, 17.