

6
А-63

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

88/11/10
396

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Аспирант САВОСКИ А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ШИХТОПОДГОТОВКИ
НА КАЧЕСТВО АГЛОМЕРАТА И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
ШИХТОПОДГОТОВКИ НА АГЛОФАБРИКЕ

/198-автоматизация производственных процессов/

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

г. Днепропетровск
1971

+C

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР**
**ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

Аспирант А.В.САВОСІК

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ШХТОПОДГОТОВКИ
НА КАЧЕСТВО АГЛОМЕРАТА И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
ШХТОПОДГОТОВКИ НА АГЛОФАБРИКЕ.**

/198-автоматизация производственных процессов/

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1971



Работа выполнена в лаборатории автоматизации агломерационного производства Института автоматики Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР.

Научный руководитель — кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
АСТАХОВ А.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор КОЧО В.С.
кандидат технических наук,
доцент КОВАЛЕВ Д.А.

Ведущее предприятие — Елановский металлургический завод "Азовсталь"

Автореферат разослан "14" сентября 1971 г.

Защита диссертации состоится "14" октября 1971 г.
на заседании Ученого Совета металлургического факультета
Днепропетровского Ордена Трудового Красного Знамени металлургического института, г.Днепропетровск, 5, пр.Гагарина, 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета
доцент, канд. техн. наук

/Ересковский О.С./



Наиболее эффективным резервом повышения производительности доменных печей является улучшение качества железорудных материалов, прежде всего агломерата, который является основным железорудным компонентом доменной шихты. При достигнутом в настоящее время на аглофабриках СССР уровне производства агломерата задача улучшения качества агломерата по однородности его химического состава выдвинута в разряд первоочередных. Ее решение возможно, главным образом, за счет совершенствования процесса подготовки шихтовых материалов к агломерации. Очевидные мероприятия по совершенствованию процессов шихтоподготовки на аглофабриках (усреднение шихтовых материалов на рудном дворе, автоматизация операций по оставлению аглошихты в шихтовом отделении и др.) уже осуществлены. Однако недостаточная изученность основных факторов, определяющих качество агломерата, не позволяет эффективно воздействовать на процесс шихтоподготовки. Поэтому анализ влияния различных условий шихтоподготовки на качество агломерата, обобщение опыта работы передовых предприятий страны, разработка рекомендаций по совершенствованию технологических схем шихтоподготовки и совершенствованию управления технологическими процессами на аглофабриках составляют основное содержание настоящей работы.

1. Статистический анализ работы аглофабрик страны по оценке влияния условий подготовки шихтовых материалов на качество агломерата.

В настоящей работе методами теории вероятностей и математической статистики проанализированы производственные данные 16-ти аглофабрик Юга, Центра, Урала и Востока страны, разработана методика и дана количественная оценка эффективности применяемых схем подготовки железорудных материалов на рудных дворах металлургических предприятий, а также исследована связь качества агломерата от



качества железорудных материалов по однородности их химического состава.

В работе показано, что шихтовые материалы, поступающие с рудных дворов в шихтовые отделения аглофабрик, весьма неоднородны по химическому составу (например, среднеквадратические отклонения по содержанию железа и кремнезема в железорудных материалах составляют $\sigma_{Fe} = 0,3 + 2,5\%$ и $\sigma_{SiO_2} = 0,26 + 2,6\%$, а по содержанию золы в топливе и окиси кальция в известняке $\sigma_{ash} = 0,4 + 3,2\%$ и $\sigma_{CaO} = 0,13 + 3,0\%$), что свидетельствует о недостаточной степени их усреднения на рудных дворах металлургических предприятий.

В зависимости от применяемых на металлургических предприятиях способов составления железорудной смеси, анализируемые аглофабрики распределены на три группы:

Группа I. Аглофабрики № 2, № 3 и № 4 Магнитогорского металлургического комбината (ММК) и аглофабрика Елановского металлургического завода "Азовсталь": составление железорудной смеси осуществляется на рудном дворе в процессе складирования всех железорудных материалов в общем штабеле.

Группа II. Аглофабрики Коммунарского (КМЗ), Макеевского (ММЗ) и Енакиевского (ЕМЗ) металлургических заводов: составление железорудной смеси осуществляется на участке приемных бункеров аглофабрики из предварительно усредненных материалов.

Группа III. Аглофабрики № I ММК, Западно-Сибирского (ЗСМЗ), Новотульского (НТМЗ), Новолипецкого (НЛМЗ), Елановского им. Ильича, № 2 Череповецкого металлургических заводов, № I и № 2 Южного горнообогатительного комбината (ЮГОК), а также № 2 Новокриворожского горнообогатительного комбината (НКЮК): составление железорудной смеси осуществляется в шихтовом отделении аглофабрики из предварительно усредненных материалов.

Дисперсионным анализом по факториальной схеме установлено, что

различие в способах составления железорудной смеси не является основной причиной различия качества агломерата анализируемых аглофабрик.

В работе показано, что оценку эффективности усреднения железорудных материалов на рудном дворе необходимо осуществлять по качеству поступающих на усреднение материалов и качеству готовой железорудной смеси независимо от применяемых схем складирования и способов составления железорудной смеси. Например, эффективность усреднения железорудных материалов на рудном дворе можно характеризовать величиной

$$K = \frac{\sigma_{см1} - \sigma_{см2}}{\sigma_{см1}} 100\%, \quad (1)$$

где K - коэффициент эффективности усреднения железорудных материалов, %;

$\sigma_{см1}, \sigma_{см2}$ - среднеквадратические отклонения, характеризующие неоднородность химического состава (например, по Fe и SiO_2 и др.) железорудной смеси соответственно до и после усреднения.

Анализ различных схем усреднения железорудных материалов, выполненный на примере работы склада концентрата Магнитогорского металлургического комбината, показал, что подготовка железорудной смеси по схеме складирования железорудных материалов в общем штабеле в два раза эффективнее подготовки по схеме раздельного усреднения материалов с последующим составлением железорудной смеси на участке приемных бункеров или в шихтовом отделении аглофабрики (эффективность подготовки железорудной смеси по первой схеме характеризуется величиной $K = 60,7\%$, а по второй - величиной $K = 28,2\%$). Поэтому усреднение железорудных материалов на рудных дворах металлургических предприятий должно осуществляться по схеме складирования железорудных материалов в общем штабеле.

Таблица I

Таблица дисперсий контролируемых параметров химического состава агломерата и железорудной части аглошихты

Наименование предприятия	Агломерат					Железорудная часть аглошихты	
	σ_{Fe}^2	σ_{FeO}^2	$\sigma_{SiO_2}^2$	σ_{CaO}^2	$\sigma_{K_2O}^2$	σ_{Fe}^2	$\sigma_{SiO_2}^2$
Аглофабрика № 1 ММК	0,652	1,980	0,164	0,314	0,00170	1,212	0,529
Аглофабрика № 2 ММК	0,327	1,340	0,0635	1,166	0,00158	0,718	0,173
Аглофабрика № 3 ММК	0,327	2,080	0,0625	0,160	0,00158	0,718	0,173
Аглофабрика № 4 ММК	0,624	0,750	0,0705	0,152	0,00123	0,712	0,1845
Аглофабрика в-да "Азовсталь"	0,810	1,820	0,268	0,413	0,00222	0,788	0,362
Аглофабрика Коммунарского завода	0,782	3,830	0,375	0,655	0,00780	1,795	0,610
Аглофабрика Макеевского завода (АМ № 1-4)	0,850	6,250	0,236	0,714	0,00880	1,370	0,321
Аглофабрика Макеевского завода (АМ № 5-6)	1,030	5,000	0,212	0,755	0,00845	1,370	0,821
Аглофабрика ЕМЗ	0,372	3,810	0,180	0,389	0,00298	1,830	0,795
Аглофабрика ЗСМЗ	0,155	1,090	0,068	0,0555	0,00074	0,621	0,350
Аглофабрика НТМЗ	0,409	1,748	0,0877	0,207	0,00200	0,718	0,580
Аглофабрика № 2 Череповецкого в-да	0,296	2,430	0,101	0,235	0,00193	0,558	0,350
Аглофабрика № 1 КГОК	0,304	1,315	0,1305	0,1147	0,00197	0,320	0,398
Аглофабрика № 2 КГОК	0,325	1,760	0,1415	0,1235	0,00187	0,355	0,395
Аглофабрика № 2 НКТОК	0,2305	1,910	0,056	0,2385	0,00398	1,198	0,505
Аглофабрика НЛМЗ (АМ № 1)	0,341	2,670	0,128	0,320	0,00240	1,980	0,489
Аглофабрика НЛМЗ (АМ № 2)	0,360	2,620	0,128	0,390	0,00291	1,980	0,489
Аглофабрика Ждановского металлургического завода им. Ильича	0,338	1,165	0,085	0,169	0,00140	2,295	1,462

Корреляционным анализом показателей качества агломерата и железорудных материалов (см. табл. I) установлено, что между качеством агломерата и качеством железорудных материалов существует слабая корреляционная связь (коэффициент корреляции $r = 0,2 + 0,5$). Полученные результаты подтверждают выводы дисперсионного анализа об отсутствии существенной зависимости качества агломерата от способов составления железорудной смеси, а также указывают на то, что для производства высококачественного агломерата недостаточно располагать хорошо усредненными шихтовыми материалами (это необходимое, но не достаточное условие).

Качество агломерата на $78 + 96\%$ зависит от условий хода процесса составления аглошихты в шихтовом отделении и ее подготовки по тракту шихтоподачи аглофабрики и только на $4 + 22\%$ от качества железорудных материалов (коэффициент детерминации $r^2 = 0,04 + 0,22$). Поэтому для повышения качества агломерата по однородности его химического состава необходимо прежде всего совершенствовать процесс составления аглошихты в шихтовом отделении и улучшать ее подготовку по трактам шихтоподачи аглофабрики.

2. Исследование влияния систем автоматического управления процессом составления аглошихты на качество агломерата.

Научно-исследовательскими работами института "Механобр", Центрального проектно-конструкторского бюро (ЦПКБ), Института автоматизации, Проектно-конструкторского института "Автоматпром", Научно-исследовательского института автоматизации черной металлургии, Государственного проектного института "Электротяжпроект", Украинского Государственного проектного института "Металлургавтоматизация" и др. на аглофабриках КМЗ, ММЗ, ЕМЗ, НЛМЗ, НКТОК и др. установлено, что переход от объемного к автоматическому дозированию

компонентов аглошихты приводит к уменьшению нестабильности весовых расходов шихтовых материалов с 25% (при объемном дозировании) до 2,5 - 5,0% (при автоматическом весовом дозировании), что вызывает улучшение качества аглошихты по однородности ее химического состава. Однако эти исследования не затрагивали вопросов оценки влияния автоматических систем весового дозирования компонентов аглошихты на качество агломерата.

Анализ работы аглофабрик № 2 и № 3 Магнитогорского металлургического комбината и аглофабрики Макеевского металлургического завода показал, что применение автоматических систем весового дозирования компонентов аглошихты приводит главным образом к повышению качества агломерата по однородности заиси железа в нем (см. табл. 2 и 3). Для оценки влияния автоматических систем весового дозирования на качество агломерата можно применить следующую формулу:

$$K_{FeO} = \frac{V_2 - V_1}{V_2} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где K_{FeO} - коэффициент улучшения качества агломерата по заиси железа от применения систем весового дозирования компонентов аглошихты;

V_1 и V_2 - коэффициенты вариации заиси железа в агломерате соответственно при автоматическом весовом и объемном методе составления аглошихты.

Для условий работы аглофабрик ММК степень влияния автоматических систем весового дозирования компонентов аглошихты на качество агломерата оценивается величиной $K_{FeO} \approx 26\%$, а для условий аглофабрики ММЗ - величиной $K_{FeO} \approx 8\%$. Это можно объяснить только различием технологических схем шихтоподготовки, состоящим в том, что аглофабрика ММК работает на железорудной смеси, составленной в процессе складирования железорудных материалов в общем штабеле, а аглофабрика ММЗ - на железорудной смеси, составленной на участке приемных бункеров аглофабрики из предварительно усредненных железорудных материалов.

Таблица 2

Показатели качества агломерата аглофабрик
Магнитогорского металлургического комбината
(апрель 1969 г.)

Параметр	Аглофабрика № 2 ММК				Аглофабрика № 3 ММК			
	Автоматическое весовое составление аглошихты				Объемное составление аглошихты			
	$M_1, \%$	G_1^2	$G_1, \%$	$V_1, \%$	$M_2, \%$	G_2^2	$G_2, \%$	$V_2, \%$
Fe	56,70	0,377	0,572	1,01	56,70	0,327	0,572	1,01
FeO	14,20	1,340	1,160	8,15	13,10	2,080	1,440	11,00
SiO ₂	6,90	0,0635	0,252	3,65	6,85	0,0635	0,250	3,65
CaO	8,80	0,166	0,395	4,50	8,70	0,960	0,400	4,60
Ra	1,28	0,00158	0,0397	3,10	1,27	0,00158	0,0397	3,13

Таблица 3.

Показатели качества агломерата аглофабрики
Макеевского металлургического завода
(март 1969 г.)

Агломашины	АМ № 5-6				АМ № 1-4			
	Автоматическое весовое дозирование материалов; двухстадийное смешение и окомкование аглошихты				Объемное дозирование шихтовых материалов; одностадийное смешение и окомкование аглошихты			
Параметр	$M_1, \%$	G_1^2	$G_1, \%$	$V_1, \%$	$M_2, \%$	G_2^2	$G_2, \%$	$V_2, \%$
Fe	52,20	1,03	1,015	1,945	53,30	0,85	0,922	1,73
FeO	13,45	5,00	2,235	16,60	13,85	6,25	2,50	18,05
SiO ₂	9,10	0,212	0,460	5,06	8,90	0,236	0,490	5,50
CaO	12,30	0,755	0,870	7,07	11,85	0,714	0,845	7,15
Ra	1,35	0,00845	0,092	6,82	1,34	0,0088	0,094	7,00

Примечание: M - среднее арифметическое значение,
 G^2 - дисперсия,
 G - среднее квадратическое отклонение,
 V - коэффициент вариации.

Анализ работы аглофабрики № 2 Череповецкого металлургического завода показал, что неритмичность в снабжении металлургических предприятий железорудными материалами, вызывающая частые перешихтовки состава железорудной части аглошихты, отрицательно влияет на качество агломерата. Переход от объемного к автоматическому весовому дозированию компонентов аглошихты в условиях резкого увеличения числа перешихтовок состава железорудной части аглошихты не приводит к существенному улучшению однородности химического состава агломерата. Поэтому с целью повышения качества агломерата по однородности его химического состава наряду с применением автоматических систем весового дозирования компонентов аглошихты необходимо особое внимание уделять вопросам повышения ритмичности снабжения металлургических предприятий железорудными материалами.

При анализе работы аглофабрики Макеевского металлургического завода замечено, что переход от одностадийной к двухстадийной схеме смешения и окомкования аглошихты по тракту шихтоподачи не приводит к существенному повышению качества агломерата по однородности его химического состава.

Статистический анализ работы аглофабрики Новолипецкого металлургического завода показал, что автоматические системы весового дозирования, управляющие работой тарельчатых и вибрационных питателей шихтовых материалов, практически равноценны по своему влиянию на качество агломерата. Поэтому можно полагать, что качество агломерата не зависит от выбора типа питателей для работы в шихтовом отделении аглофабрики.

Таким образом, в результате статистического анализа работы аглофабрик Магнитогорского металлургического комбината, Макеевского, Череповецкого и Новолипецкого металлургических заводов получена количественная оценка степени влияния автоматических систем

весового дозирования компонентов аглошихты на качество агломерата при различных условиях работы шихтовых отделений и установлено, что существенное повышение качества агломерата (например, по однородности железа, кремнезема, окиси кальция, закиси железа в агломерате) не возможно только за счет автоматизации операций по составлению аглошихты в шихтовых отделениях аглофабрик.

3. Исследование тракта шихтоподачи аглофабрики как объекта автоматического управления.

В результате исследования тракта шихтоподачи как объекта автоматического управления установлено, что степень его влияния на качество аглошихты по однородности ее химического состава зависит как от усреднительной способности тракта шихтоподачи, так и от характера первоначальной однородности химического состава аглошихты. Усреднительная способность тракта шихтоподачи (способность тракта шихтоподачи воздействовать на качество аглошихты по однородности ее химического состава) находится в прямой функциональной зависимости от инерционности тракта шихтоподачи как объекта автоматического управления. Исследования, проведенные на аглофабрике Новокриворожского горнообогатительного комбината показали, что тракт шихтоподачи можно моделировать двумя последовательно соединенными звеньями: инерционным звеном первого порядка и звеном чистого запаздывания. Передаточная функция тракта шихтоподачи имеет вид:

$$W_{tr}(p) = \frac{K_{tr}}{T_{tr}p + 1} e^{-pT_{tr}} \quad (3)$$

где $W_{tr}(p)$ — передаточная функция тракта шихтоподачи с одним смешительным барабаном;

K_{tr} — коэффициент усиления тракта;
 T_{tr} — постоянная времени тракта;
 T_{tr} — время чистого запаздывания тракта.

Колеблемость химического состава аглошихты во времени как входной параметр объекта управления можно представить в виде некоторой случайной функции. В результате выполненных на аглофабрике Коммунарского металлургического завода исследований получено математическое описание колеблемости железа в потоке железорудной смеси на выходе бункера шихтового отделения в виде случайной эргодической функции $X(t)$, стационарной как в узком, так и в широком смысле. Случайную функцию $X(t)$ можно представить при помощи корреляционной функции $K_X(\tau)$ и спектральной плотности $S_X(\omega)$ функция $S_X(\omega)$ с некоторым приближением применима для оценки интенсивности колебаний химического состава аглошихты на выходе шихтового отделения (на начальном участке тракта шихтоподачи) в диапазоне частот от нуля до бесконечности. Колеблемость химического состава аглошихты на выходе тракта шихтоподачи представим в виде случайной функции $Y(t)$. Если рассматривать случайную функцию $X(t)$ в качестве входного возмущающего воздействия на объект управления с передаточной функцией $W(p)$, то функция $Y(t)$ представляет собой реакцию объекта на это возмущающее воздействие. Оценку функции $Y(t)$ можно осуществить следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_Y^2 &= 2 \int_{\omega_1}^{\omega_2} S_Y(\omega) d\omega \\ S_Y(\omega) &= A^2(\omega) S_X(\omega) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где σ_Y^2 - дисперсия контролируемого параметра химического состава аглошихты на выходе тракта шихтоподачи;

$S_Y(\omega)$ - спектральная плотность случайной функции $Y(t)$;

$A^2(\omega)$ - квадрат модуля амплитудно-частотной характеристики тракта шихтоподачи, определенной по передаточной функции $W(p)$;

$S_X(\omega)$ - спектральная плотность случайной функции на интервале частот $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$

Для оценки степени влияния тракта шихтоподачи на однородность химического состава аглошихты можно воспользоваться следующей формулой:

$$K_Y = \frac{\sigma_X - \sigma_Y}{\sigma_X} 100\% \quad (5)$$

где K_Y - коэффициент улучшения качества аглошихты трактом шихтоподачи;

σ_X и σ_Y - среднеквадратические отклонения, характеризующие неоднородность аглошихты соответственно до и после ее подготовки по тракту шихтоподачи.

Анализом установлено, что степень влияния тракта шихтоподачи на однородность химического состава аглошихты оценивается величиной K_Y , $\approx 99\%$ при $\omega \gg 0,419$ и $K_Y \approx 69,3\%$ при $0,00445 \leq \omega \leq 0,21$.

В работе показано, что переход от одностадийной к двухстадийной схеме подготовки аглошихты по тракту шихтоподачи приводит к увеличению коэффициента K_Y с $69,3\%$ до 75% при $0,00445 \leq \omega \leq 0,21$, т.е. на $5,7\%$, что недостаточно для существенного улучшения однородности химического состава агломерата (опыт работы аглофабрики Макеевского металлургического завода).

В диссертации дан анализ некоторых возможных схем увеличения усреднительной способности тракта шихтоподачи. Установлено, что увеличение усреднительной способности тракта шихтоподачи за счет перехода к многостадийной схеме подготовки аглошихты по тракту шихтоподачи технически сложно и экономически нецелесообразно. Например, для увеличения степени влияния тракта шихтоподачи на однородность химического состава аглошихты с $69,3\%$ до 90% (на частотах $0,00445 \leq \omega \leq 0,21$), на тракте шихтоподачи с одним смесительным барабаном необходимо дополнительно установить 19 однотипных смесительных барабанов. Тот же эффект в улучшении качества аглошихты при меньших экономических затратах можно получить на тракте шихтоподачи с двумя смесительными барабанами при условии,

что часть аглошихты с выхода барабана первичного смешивания (в количестве 70-80% от общего расхода через барабан) будет возвращаться на его вход. Это равноценно охвату смесительного барабана как объекта автоматического управления положительной жесткой обратной связью (см. рис.1). Передаточная функция эквивалентного корректирующего звена $W_k(p)$ определяется следующим образом:

$$W_k(p) = \frac{(1 - K_{oc}) W_{\delta}(p)}{1 - K_{oc} W_{oc}(p) W_{\delta}(p)}, \quad (6)$$

где $W_{\delta}(p)$ - передаточная функция барабана первичного смешивания;

$W_{oc}(p)$ - передаточная функция звена обратной связи (для случая идеальной жесткой обратной связи $W_{oc}(p)=1$);

K_{oc} - коэффициент обратной связи по расходу аглошихты через смесительный барабан.

Коэффициент обратной связи определяется соотношением:

$$K_{oc} = \frac{Q_{oc}(t)}{Q(t) + Q_{oc}(t)}, \quad (7)$$

где $Q_{oc}(t)$ - весовой расход аглошихты, возвращаемой с выхода смесительного барабана на его вход;

$Q(t) + Q_{oc}(t)$ - общий расход аглошихты через смесительный барабан.

Передаточная функция тракта шихтоподачи $W_{\delta}(p)$ определяется по формуле:

$$W_{\delta}(p) = W_k(p) W_{tr}(p), \quad (8)$$

где $W_k(p)$ - передаточная функция эквивалентного корректирующего звена;

$W_{tr}(p)$ - передаточная функция тракта шихтоподачи с одним смесительным барабаном.

Таким образом, изменением коэффициента обратной связи K_{oc} (см. формулы 6, 7 и 8) можно изменить динамические свойства тракта шихтоподачи как объекта автоматического управления (с увеличением коэффициента обратной связи увеличивается усреднительная способность тракта шихтоподачи).

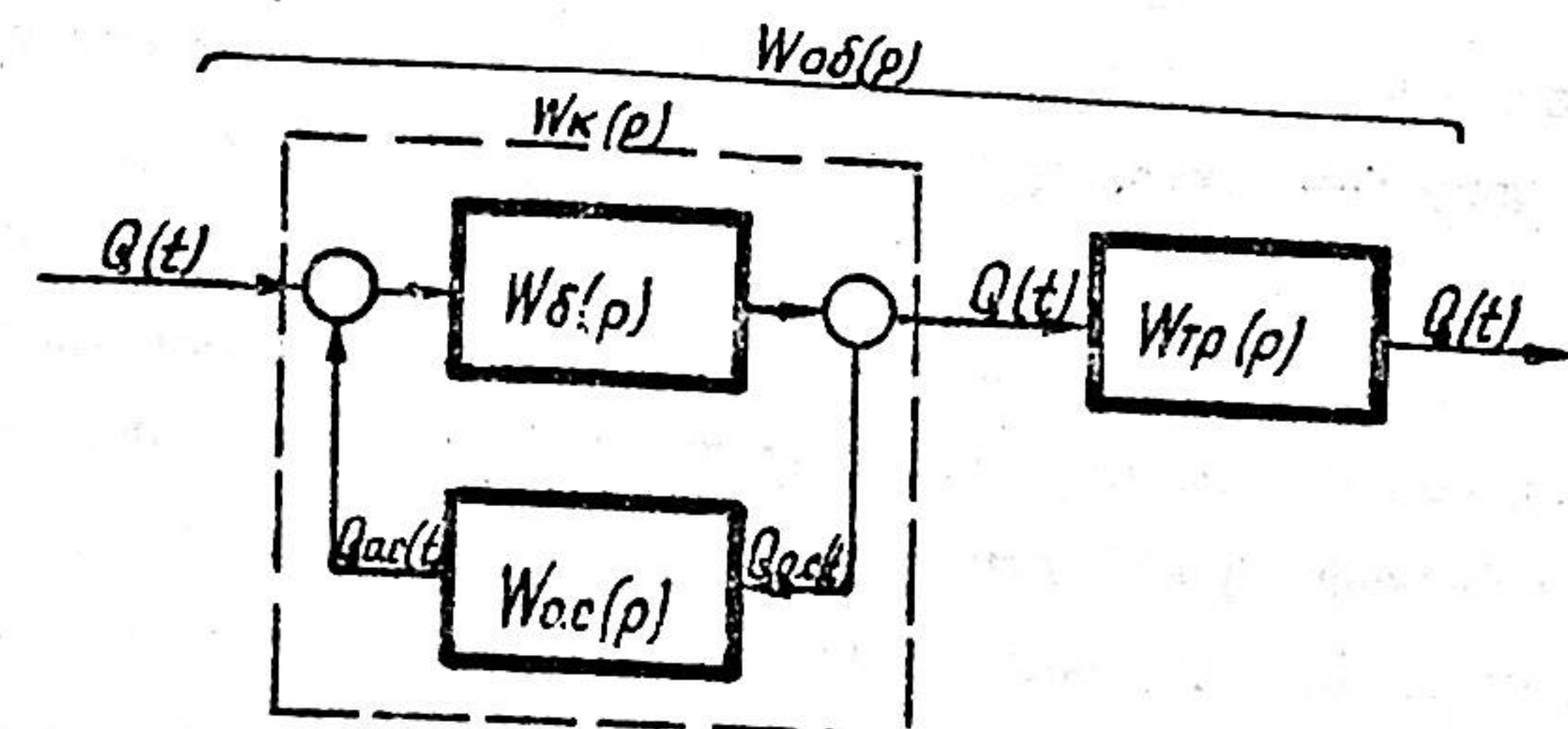


Рис.1. Тракт шихтоподачи аглофабрики как объект автоматического управления

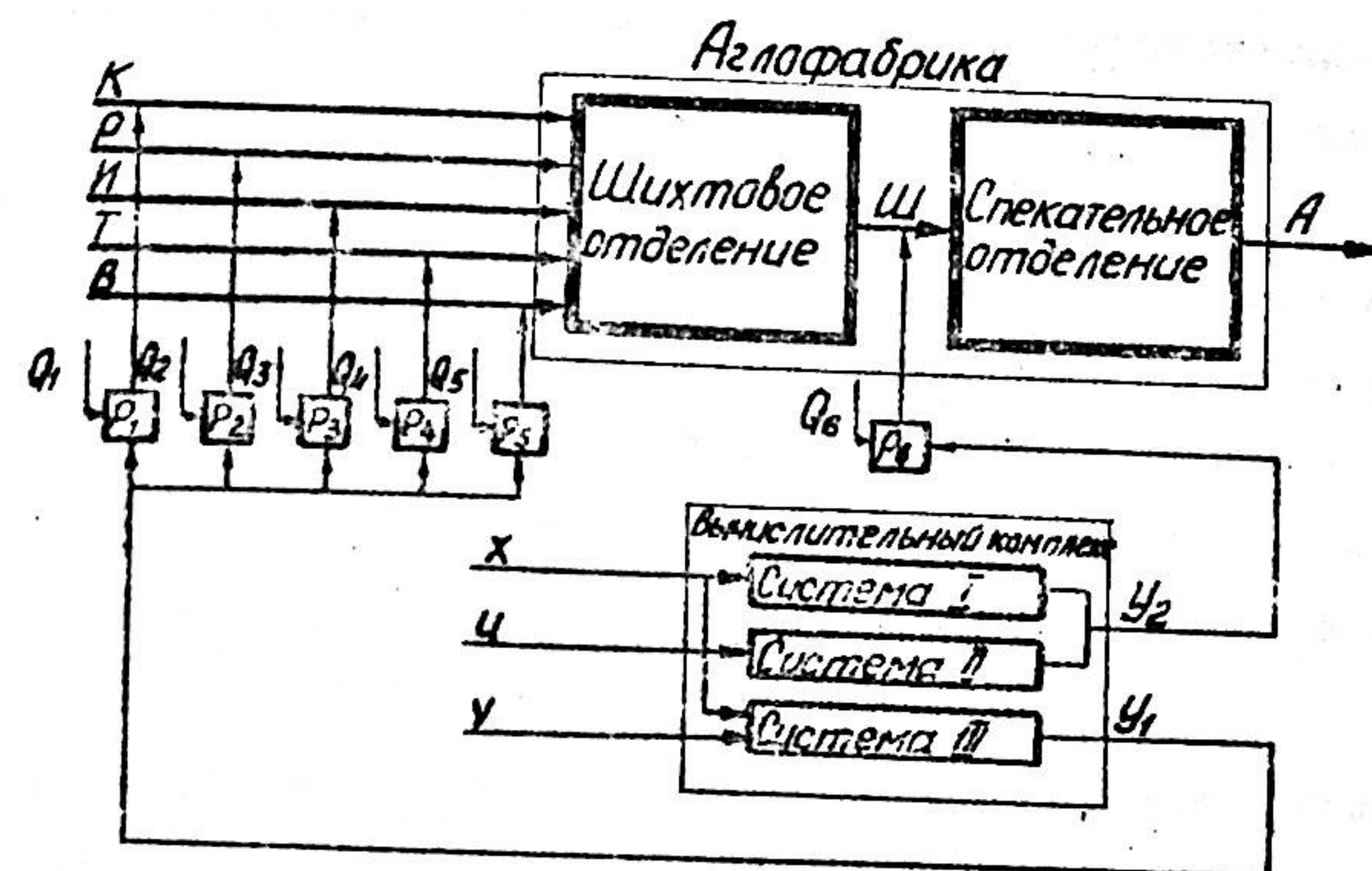


Рис.2. Блок-схема автоматизированной системы управления процессом шихтоподготовки на аглофабрике.

P_1-P_5 - системы весового дозирования концентрата (К), аглоруды (Р), известняка (И), топлива (Т) и возврата (В); P_6 - система автоматического регулирования режима работы барабана первичного смешивания; Q_1-Q_6 - информация о весовых расходах шихтовых материалов и аглошихты; X, Y, U, V - информация о весовых расходах и химическом составе соответственно шихтовых материалов (К, Р, И, Т и В), аглошихты (И) и агломерата (А); Y_1, Y_2 - управляющие воздействия на изменение задания системам P_1-P_5 и P_6 .

Возвращение аглошихты с выхода смесительного барабана на его вход приводит к резкому увеличению нагрузки по расходу аглошихты через смесительный барабан. Степень заполнения смеси - тельных барабанов на аглофабриках в настоящее время составляет $5 \pm 12\%$ их общего объема. По данным лаборатории подготовки сырья института "ДонНИИЧермет" качество смешения аглошихты улучшается при увеличении степени заполнения смесительного барабана до $30 \pm 40\%$ его объема (исследования выполнены на аглофабрике Ждановского металлургического завода им.Ильича). Результаты этих исследований экспериментально подтверждают возможность увеличения нагрузки на смесительные барабаны.

Таким образом, выполненными исследованиями установлено, что повышение эффективности шихтоподготовки на аглофабриках возможно в результате создания замкнутых циклов по расходу аглошихты через смесительные барабаны трактов шихтоподачи.

4. Разработка автоматизированной системы управления процессом шихтоподготовки на аглофабрике

Статистическим анализом работы аглофабрик и исследованиями по оценке усреднительной способности трактов шихтоподачи установлено, что существенное повышение качества агломерата невозможно без улучшения шихтоподготовки на рудном дворе, повышения эффективности автоматических систем управления процессом составления аглошихты в шихтовом отделении и совершенствования технологических схем трактов шихтоподачи аглофабрики. Для оптимизации хода процесса шихтоподготовки на аглофабрике недостаточно выполнения вышеуказанных условий. В работе показано, что решение задачи оптимизации процесса шихтоподготовки на аглофабрике возможно только в результате применения автоматизированной системы управления, построенной на базе средств вычислительной техники.

Нижний уровень такой автоматизированной системы управления (см.рис.2) составляют автоматические системы весового дозирования компонентов аглошихты и регулирования режима работы барабана первичного смешивания, охваченного обратной связью по расходу аглошихты, а верхний уровень - системы оптимизации процесса (системы I, II и III), реализуемые программным путем при помощи средств вычислительной техники.

В настоящей работе разработаны алгоритмы управления процессом шихтоподготовки с целью его оптимизации (алгоритмы управления системы I, II и III) для условий типовой аглофабрики, обоснованы требования к средствам вычислительной техники и осуществлен их выбор для реализации автоматизированной системы управления процессом шихтоподготовки.

Алгоритм системы I предусматривает первичную и статистическую обработку информации о ходе процесса составления аглошихты в шихтовом отделении аглофабрики, решение задачи прогнозирования хода процесса шихтоподготовки по динамической модели (см.формулы 3,4, 5,6,7 и 8) и выработку управляющих воздействий на изменение режима работы барабана первичного смешивания. Система I обеспечивает вывод режима работы барабана первичного смешивания в зону его оптимальных значений.

В основу алгоритма системы II положен метод управления процессом шихтоподготовки по информации о состоянии процесса в некоторой промежуточной точке - по показателю качества аглошихты, получаемого в результате обработки информации об изменчивости магнитной проницаемости аглошихты на выходе тракта шихтоподачи. Система II управляет процессом посредством системы автоматического регулирования режима работы барабана первичного смешивания - корректирует величину K_{ac} (см.формулы 6 и 7), заданную на предыдущем этапе оптимизации процесса системой I.

По алгоритму системы III решается задача статической оптимизации процесса путем прогнозирования хода процесса шихтоподготовки по его статической модели. Система III осуществляет корректировку соотношения весовых расходов шихтовых материалов при составлении аглошихты в шихтовом отделении аглофабрики.

Таким образом, в результате поэтапной оптимизации процесса шихтоподготовки системами I, II и III достигается конечная цель управления - повышение однородности химического состава агломерата и улучшение технико-экономических показателей агломерационного производства.

В работе приведены технические характеристики отечественных управляющих вычислительных машин типа ВНИИЭМ-3, "Днепр", "Днепр-2", УМ-I, УМ-I-НХП, вычислительных комплексов М-1000, М-2000, М-3000 агрегатной системы средств вычислительной техники (АСВТ).

Выполненным в работе анализом установлено, что автоматизированную систему управления процессом шихтоподготовки на аглофабрике (с учетом возможности перехода к управлению агломерационным производством в целом) следует создавать на базе вычислительного комплекса М-2000 АСВТ. В работе дана оценка ожидаемого годового экономического эффекта по аглодоменному переделу Коммунарского металлургического завода от реконструкции трактов шихтоподдачи (создания замкнутых циклов по расходу аглошихты через барабаны первичного смешивания) и внедрения автоматизированной системы управления процессом шихтоподготовки на аглофабрике. Экономический эффект оценивается в 243,2 тыс.руб. на I млн. т. чугуна.

Таким образом, для повышения качества агломерата необходимо прежде всего осуществить реконструкцию трактов шихтоподдачи и внедрить автоматизированную систему управления процессом шихтоподготовки на аглофабрике.

ВЫВОДЫ

1. В результате статистического анализа работы ряда аглофабрик Юга, Центра, Урала и Востока страны дана количественная оценка влияния различных технологических схем шихтоподготовки на качество агломерата.

2. Определены критерии оценки качества агломерата и шихтовых материалов по однородности их химического состава.

3. Разработана методика оценки эффективности усреднения железорудных материалов на рудных дворах металлургических предприятий. Установлено, что усреднение железорудных материалов на рудном дворе необходимо осуществлять по схеме совместного складирования железорудных материалов в общем штабеле.

4. В работе показано, что между однородностью агломерата по содержанию Fe, FeO, SiO_2, CaO и однородностью железорудных материалов по содержанию Fe и SiO_2 существует слабая корреляционная связь (коэффициент корреляции $r = 0,2 \pm 0,5$). Однородность химического состава агломерата на $78 \pm 96\%$ зависит от хода процесса составления аглошихты и ее подготовки по тракту шихтоподдачи аглофабрики и только на $4 \pm 2\%$ от однородности железорудных материалов.

5. Установлено, что переход от объемного к автоматическому весовому дозированию компонентов аглошихты в шихтовом отделении аглофабрики приводит к существенному повышению однородности агломерата по закиси железа, в чем и проявляется основной эффект применяемых в настоящее время автоматических систем весового дозирования.

6. В работе показано, что с целью повышения качества агломерата аглофабрики с применением систем автоматического управления

процессом составления аглошихты особое внимание следует обратить на ритмичность снабжения металлургических предприятий железорудными материалами.

7. Установлено, что при выборе питателей шихтовых материалов для работы в шихтовых отделениях аглофабрики необходимо руководствоваться только их эксплуатационными показателями.

8. В работе дан анализ некоторых технологических схем трактов шихтоподдачи. Установлено, что увеличение усреднительной способности трактов шихтоподдачи с целью повышения качества аглошихты возможно, главным образом, за счет создания замкнутых циклов по расходу аглошихты через смесительные барабаны.

9. В работе показано, что оптимизация процесса шихтоподготовки на аглофабрике возможна только при помощи автоматизированной системы управления, построенной на базе средств вычислительной техники.

10. В работе обоснован выбор средств вычислительной техники для автоматизированной системы управления, разработаны алгоритмы контроля технологических параметров и управления ходом процесса шихтоподготовки на аглофабрике. Показано, что автоматизированную систему управления следует создавать на базе средств АСВТ.

II. Ожидаемый годовой экономический эффект от реконструкции трактов шихтоподготовки (создания замкнутых циклов по расходу аглошихты через барабаны первичного смешивания) и внедрения автоматизированной системы управления процессом шихтоподготовки на аглофабрике по агломоленному переделу Коммунарского металлургического завода составляет 243,2 тыс.руб. на 1 млн.т. чугуна при сроке окупаемости дополнительных капиталовложений в 0,86 года.

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав и заключения, содержит 27 рисунков, 41 таблицу, приложения и список литературы из 155 наименований.

Основные положения диссертации опубликованы в статьях:

1. Астахов А.Г., Савоски А.В. Об оптимизации условий шихтоподготовки на аглофабриках. В сб. "Теория и практика автоматизации агломерационного производства", Киев, Издание Института автоматизации, 1971.

2. Астахов А.Г., Федоровский Н.В., Кириллов В.И., Здольник В.Ф., Хивенен Л.А., Савоски А.В. Исследование цикла и режима возврата на агломерационных фабриках. В сб. "Автоматизация агломоленного производства СССР", Киев, УкрНИИТИ, 1969.

3. Савоски А.В. Определение передаточных функций участков тракта шихтоподдачи аглофабрики НКТОКа. В сб. "Теория и практика автоматизации агломерационного производства", Киев, Издание Института автоматизации, 1971.

4. Астахов А.Г., Савоски А.В. Вероятностный анализ качества железорудной части агломерационной шихты. В сб. "Теория и практика автоматизации агломерационного производства", Киев, Издание Института автоматизации, 1971.

5. Савоски А.В. Анализ работы аглофабрики Новокиевского металлургического завода. В сб. "Системы и средства автоматизированного управления", Киев, Издание Института автоматизации, 1970.

6. Савоски А.В. и др. Изобретение "Устройство для определения степени заполнения технологической емкости", № 269616, Бюллетень ЦНИИПИ и ТЭИ, 1970, № 15.

Материалы диссертационной работы докладывались:

1. На Всесоюзном семинаре "Совершенствование технологии агломерационного производства с целью его автоматизации", Киев, июль, 1969 г.

2. На Всесоюзном семинаре "Автоматизация процессов окучивания железных руд и концентратов", Киев, май, 1970 г.

3. На семинаре Республиканской межзаводской школы передового опыта "Совершенствование технологии производства агломерата". Еднанов, июнь, 1970 г.

БФ 18685.2.9.71 г. Объем I п.л. Заказ 22, тираж 150 экз.

Ротапринт Института автоматизации, Киев, Нагорная, 22