

Развивающиеся системы

УДК 65.012.122

МЕХАНИЗМЫ ОПЕРАТИВНОГО СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ.

II. МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

АШИМОВ А. А., БУРКОВ В. Н., ДЖАПАРОВ Б. А.,
КОНДРАТЬЕВ В. В.

(Алма-Ата, Москва)

Рассматриваются методологические вопросы построения механизмов оперативного согласованного управления производственными системами на типичном примере дискретного производства — рафинировочного цеха свинцового завода. Даётся описание модели и механизма функционирования рафинировочного производства с привлечением методов теории активных систем.

1. Введение

Эта статья является продолжением [1], в которой на примере технологического процесса шихтоподготовки была сформулирована и решена задача оперативного согласованного планирования непрерывного производства. Применительно к типичному производству дискретного вида рассматриваются методологические вопросы построения и даётся описание механизмов оперативного согласованного управления реальными производственными системами.

2. Модель структуры и технологии рафинировочного производства

1. *Структура производства.* Рафинировочное производство имеет двухуровневую структуру, приведенную на рис. 1, которая характеризуется наличием управляющего органа производства — центра, внешней среды и

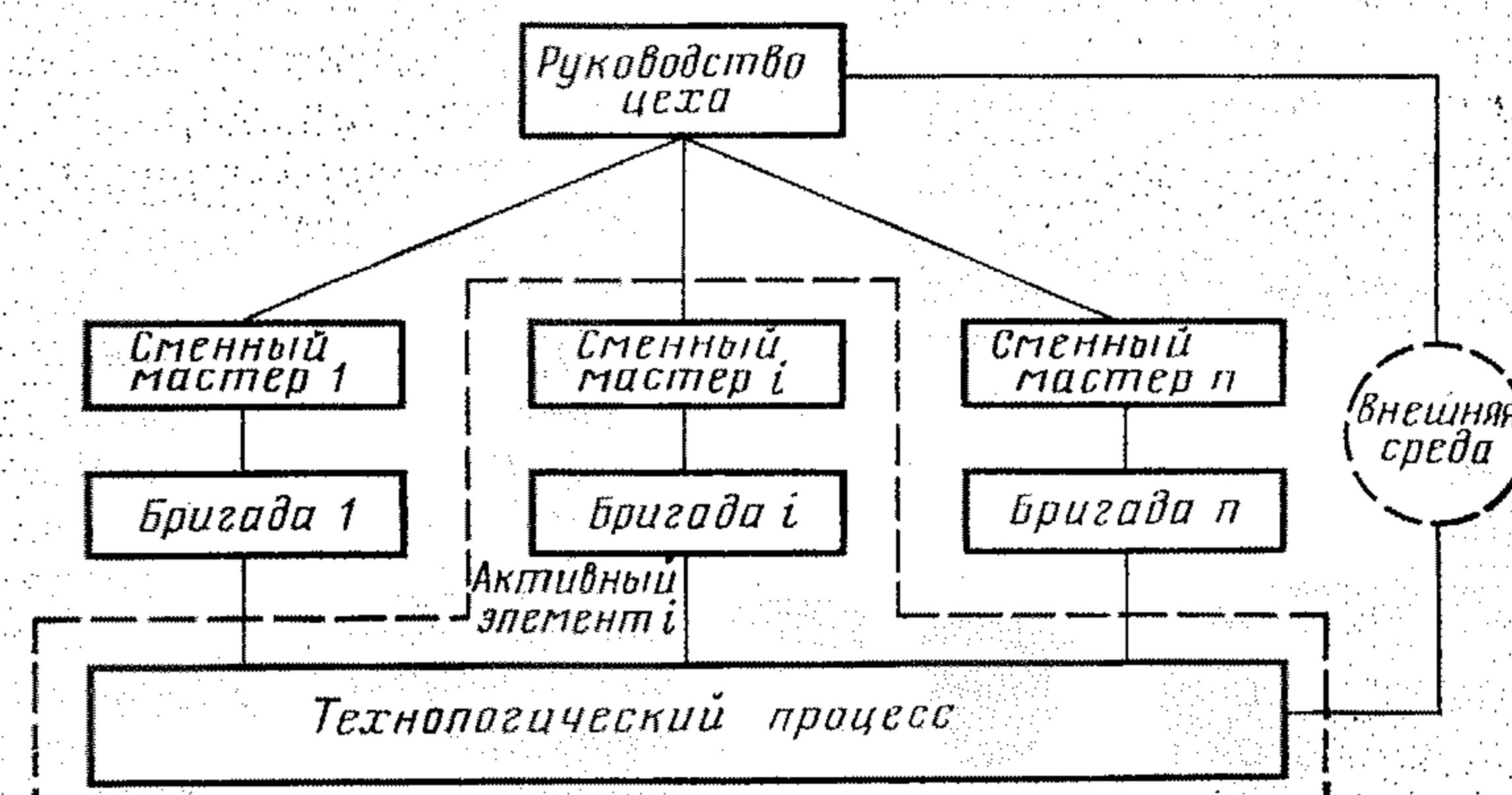


Рис. 1

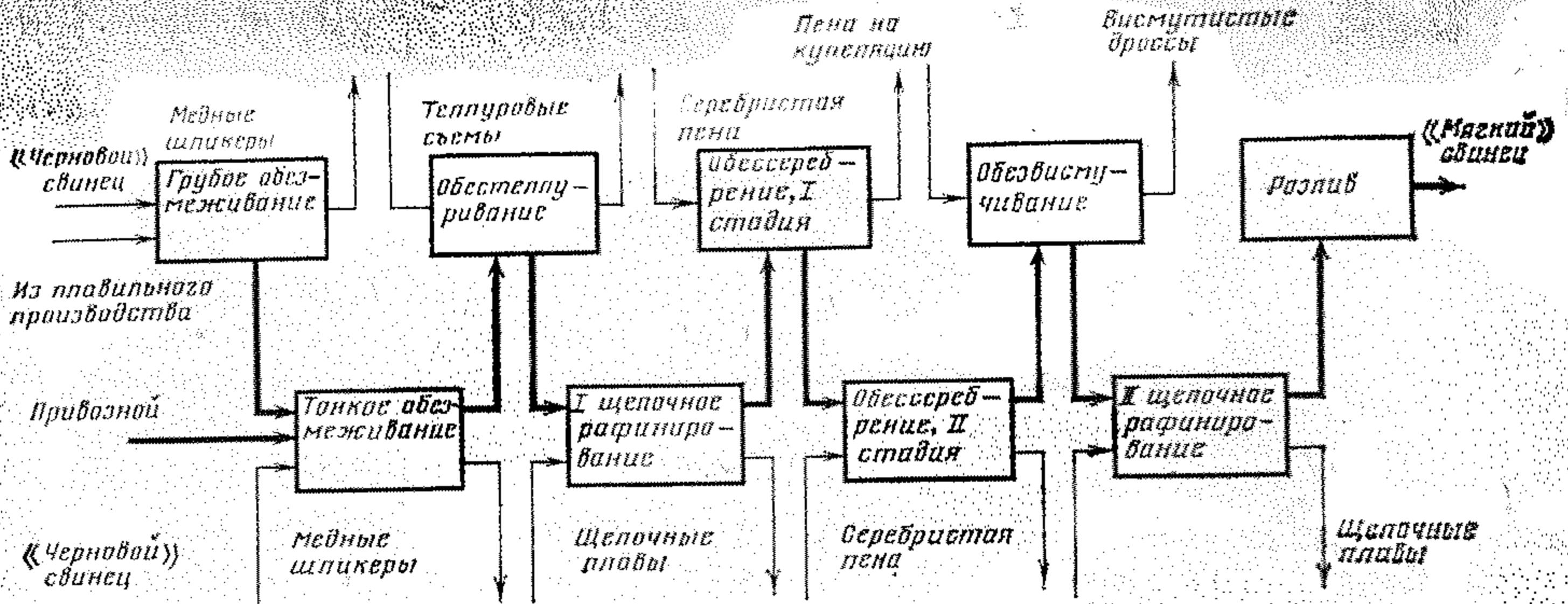


Рис. 2

множества $I = \{1, 2, \dots, n\}$, подчиненных центру производственных элементов. Под производственными элементами подразумеваются бригады рафинировщиков со своими линейными руководителями — сменными мастерами.

2. Состояние производственного элемента. Вопросы технологического описания производственного элемента к настоящему времени хорошо изучены. Существует обширная литература по математической экономике, посвященная модельному описанию технологии производства [1–4]. Приводимый ниже способ описания технологии рафинации характерен для многих предприятий с дискретным характером производства и может быть использован для описания соответствующих технологий.

Технологическая схема рафинации «чернового» свинца представлена на рис. 2, где двойной линией отмечена последовательность выполнения операций над каждой очищаемой партией [5]. Понятие операции является основным понятием при описании технологии дискретного производства [6, 7]. Независимо от физического содержания каждую операцию дискретного производства можно охарактеризовать: 1) принадлежностью к определенной партии (требованию, детали и т. д.); 2) принадлежностью к определенному обслуживающему оборудованию (машине) и к определенному способу ее выполнения; 3) числом, представляющим собой длительность операции.

В обслуживающее оборудование производства входят: один наборный котел, M рафинировочных котлов, в которых одновременно могут очищаться M партий «чернового» свинца; аппарат Гарриса, используемый для проведения операции первого щелочного рафинаирования; разливочная система, предназначенная для розлива «мягкого» свинца в соответствующую форму.

Операция первого щелочного рафинаирования состоит в удалении с «очищаемой» партии примесей Sn, As, Sb. Условия производства таковы, что на аппарате Гарриса и на разливочной системе одновременно можно обслуживать только одну партию. Наборные, рафинировочные котлы одинаковы по емкости и отличаются только по их назначению.

В течение планируемого периода в рафинировочное производство поступает множество $\mathcal{L} = \{1, 2, \dots, L\}$ партий чернового свинца в момент времени g_l , $l=1, L$. Процесс рафинации каждой l -й партии состоит в последовательном выполнении на ней следующих укрупненных операций: операция 1 — набор партии, обезмеживание, обестеллурирование (очистка от Te); операция 2 — первое щелочное рафинаирование; операция 3 — обессеребрение, обезвисмучивание, качественное (второе щелочное) рафинаирование (очистка от Ag, Au, Ca, Mg, Zn) и операция 4 — разлив.

Длительности операции рафинации зависят от вида обрабатываемого сырья, способов очистки и разлива. Обозначим $\delta_{\eta_k}^{lk}$ — длительность выполнения k -й операции l -й партии η_k -м способом, которая равна сумме

длительностей $\tau_{j_q}^{lq}$ входящих в нее множества Q_k элементарных операций — параграфов, выполняемых тем же способом, $\delta_{\eta_k}^{lk} = \sum_{q \in Q_k} \tau_{j_q}^{lq}$, где $\eta_k \equiv \theta_k$,

$j_q \in J_q \quad \forall q \in Q_k : J_q = \theta_k, k = \overline{1, 4}, l = \overline{1, L}$. Параграфы пронумерованы в последовательности их выполнения. Операция 1 состоит из восьми параграфов, $Q_1 = \{1, 2, \dots, 8\}$, операция 2 — из трех, $Q_2 = \{9, 10, 11\}$, операция 3 — из восьми, $Q_3 = \{12, 13, \dots, 19\}$, операция 4 — из двух, $Q_4 = \{20, 21\}$. Длительность операции 1 зависит только от вида сырья, т. е. $\delta_{\eta_1}^{l1} = \delta_{\eta_1}^1 \quad \forall l = \overline{1, n}$. Время выполнения операции 2 определяется содержанием примесей Sn, As, Sb в данной партии, т. е. $\delta_{\eta_2}^{l2} = \delta^{l2} \quad \forall \eta_2 \in \theta_2$. Марка выпускаемой партии η_3 определяет длительность операции 3, т. е. $\delta_{\eta_3}^{l3} = \delta_{\eta_3}^3 \quad \forall \eta_3 \in \theta_3, \forall l = \overline{1, n}$. Длительность операций розлива зависит от формы розлива и количества используемых разливочных машин, т. е. $\delta_{\eta_4}^{l4} = \delta_{\eta_4}^4 \quad \forall l = \overline{1, n}$.

Таким образом, каждый вид производственной деятельности по рафинированию свинца можно описать номером обслуживаемой партии l , выполняемого на ней параграфа q и способа его выполнения j_q , т. е. тройкой (l, q, j_q) и соответствующим этому параграфу моментом начала $\underline{t}_{qj_q}^l$ и окончания $\bar{t}_{qj_q}^l$, $\bar{t}_{qj_q}^l = \underline{t}_{qj_q}^l + \tau_{qj_q}^l, j_q \in J_q, q \in Q_k, k = \overline{1, 4}, l = \overline{1, L}$.

Для описания технологических ограничений производства введем булевое переменное $y_{qj_q}^l$, которое равно 1, если на l -й партии q -й параграф выполняется j_q -м способом; 0 — в противном случае.

Технологические ограничения производства задаются в виде следующих условий: каждый параграф рафинирования q любой партии l должен выполняться только одним способом, $\sum_{j_q \in J_q} y_{qj_q}^l = 1, q = \overline{1, 21}, l = \overline{1, L}$;

множества партий должны пройти все стадии обработки, т. е. двадцать

один параграф рафинирования, $\sum_{q=1}^{21} \sum_{j_q \in J_q} y_{qj_q}^l = 21, l = \overline{1, L}$; все параграфы

непрерываемы и выполняются в соответствии с технологической последовательностью; первоначально установленный способ выполнения параграфа не меняется до момента его окончания; требования на количество выпускаемых партий всех η_3 -х марок с соответствующей η_4 -й формой розлива $n_{\eta_3 \eta_4}$ должны быть обязательно выполнены.

Эти условия определяют множество допустимых состояний системы в каждой v -й смене Y_v , способ построения которого будет дан ниже. Для этой цели определим следующие множества: множество B_t работ, завершенных в момент времени t , $B_t = \{(l, q, j_q) | \bar{t}_{qj_q}^l = t\}$; множество E_t работ, которые могут быть начаты в момент времени t , $E_t = \{(l, q, j_q) | \underline{t}_{qj_q}^l = t, j_q \in J_q\}$; множество C_t работ, выполняемых в момент времени t , $C_t = \{(l, q, j_q) | \underline{t}_{qj_q}^l < t < \bar{t}_{qj_q}^l\}$.

Состояние производства в момент начала v -й смены $t = (v-1)T$ описывается кортежем y_{v-1} , который в качестве компонент содержит множество выполненных и выполняемых работ в момент начала смены $\bar{C}_t = -C_t \cup B_t$, и множество моментов их завершения (существенных моментов)

$$T(\bar{C}_t) = \{\bar{t}_{qj_q}^l | (l, q, j_q) \in \bar{C}_t\}, y_{v-1} = \{(l, q, j_q), \bar{t}_{qj_q}^l | y_{qj_q}^l(t) = 1\}, \text{ где } y_{qj_q}^l(t) \text{ равен}$$

1, если в момент времени t на l -й партии q -й параграф выполняется j_q -м способом; 0 — в противном случае.

3. *Множества возможных состояний.* В дальнейшем нам понадобятся следующие определения.

Определение 1. Допустимым фронтом множества $L_t = C_t \cup E_t$ назовем

подмножество $\bar{L}_t \subseteq L_t$, такое, что при всех $y_{qj_q}^l = 1$, $(l, q, j_q) \in \bar{L}_t$ выполняются все технологические ограничения производства.

Определение 2. Максимально допустимым фронтом множества L_t назовем допустимый фронт \bar{L}_t , такой, что не существует допустимого фронта L_t ($\bar{L}_t = L_t$), содержащего \bar{L}_t в качестве собственного подмножества.

Возможное состояние производственного элемента к концу v -й смены y_v можно получить путем последовательного развития во времени исходного состояния производства y_{v-1} с учетом технологических ограничений. Наличие различных вариантов выполнения параграфов рафинирования обуславливает существование множества Y_v возможных состояний системы к концу v -й смены, $v=1, V$. Процедура построения множества Y_v приведена в приложении. Как следует из построения, множество Y_v возможных состояний системы к концу v -й смены представляет собой совокупность всех ее максимально допустимых фронтов в отрезке времени $[(v-1)T, vT]$, $Y_v = Y_v(y_{v-1}) = \{G_p(L_t), T(G_p(L_t)) | p=1, \Pi_t, t \in [(v-1)T, vT]\}$. Выражение $Y_v = Y_v(y_{v-1})$ указывает на параметрическую зависимость множества возможных состояний системы в v -й смене от ее начального состояния y_{v-1} , т. е. состояния системы к концу $(v-1)$ -й смены.

Приводимое здесь описание технологии рафинировочного производства с помощью технологических операций и взаимосвязи между ними является общим моментом при описании технологии любого дискретного производства. Хотя полученные при этом модели технологических ограничений являются громоздкими, строятся они, как видим, путем применения однотипных простых процедур и в идейном отношении не сложны.

3. Организационный механизм функционирования

Рассмотрим вопрос разработки механизма оперативного согласованного управления основной производственной деятельностью рафинировочного производства.

Удобной формой описания механизма функционирования производственной системы является описание его по отдельным частям — блокам, выделенным по реализуемым функциям управления: формирование данных; формирование нормативной информации; планирование; учет; контроль и оценка деятельности; стимулирование (см. рис. 3).

1. *Блок формирования данных.* Предназначен для информационного обеспечения центра в процессе планирования. Перед процедурой оперативного планирования v -й смены в центр поступает информация двух типов. а. Из внешней среды о сроках $g(v)$ поставок очередных партий чернового свинца в течение планируемого периода. б. О состоянии производства к концу $(v-1)$ -й смены. Последняя информация сообщается центру сменным мастером. В результате информацию, поступающую в блок формирования данных, можно представить в виде $\sigma_v = (g(v), y_{v-1})$. Важным условием, предъявляемым к механизму функционирования, является обеспечение достоверности сообщаемой информации. Эта задача решается в следующей статье цикла.

2. *Блок нормативной информации.* В этом блоке на основе информации y_{v-1} , поступающей из блока учета о результатах функционирования системы в предыдущих периодах, формируется нормативно-справочная информация о длительности и скорости проведения операций рафинирования. При рассмотрении системы оперативного управления не будем останавливаться на вопросе формирования нормативных данных, поскольку можно считать, что в течение одной смены нормативная информация не претерпевает существенных изменений.

3. *Блок планирования.* Процедура выработки плана направлена на реализацию целей, стоящих перед системой. Формально эти цели задаются двумя способами: первый — через введение их в ограничение задачи планирования; второй — в виде целевой функции и стремлением ее к оптимальному значению. Результатом планирования является выработка плана как желательного для центра хода технологического процесса.

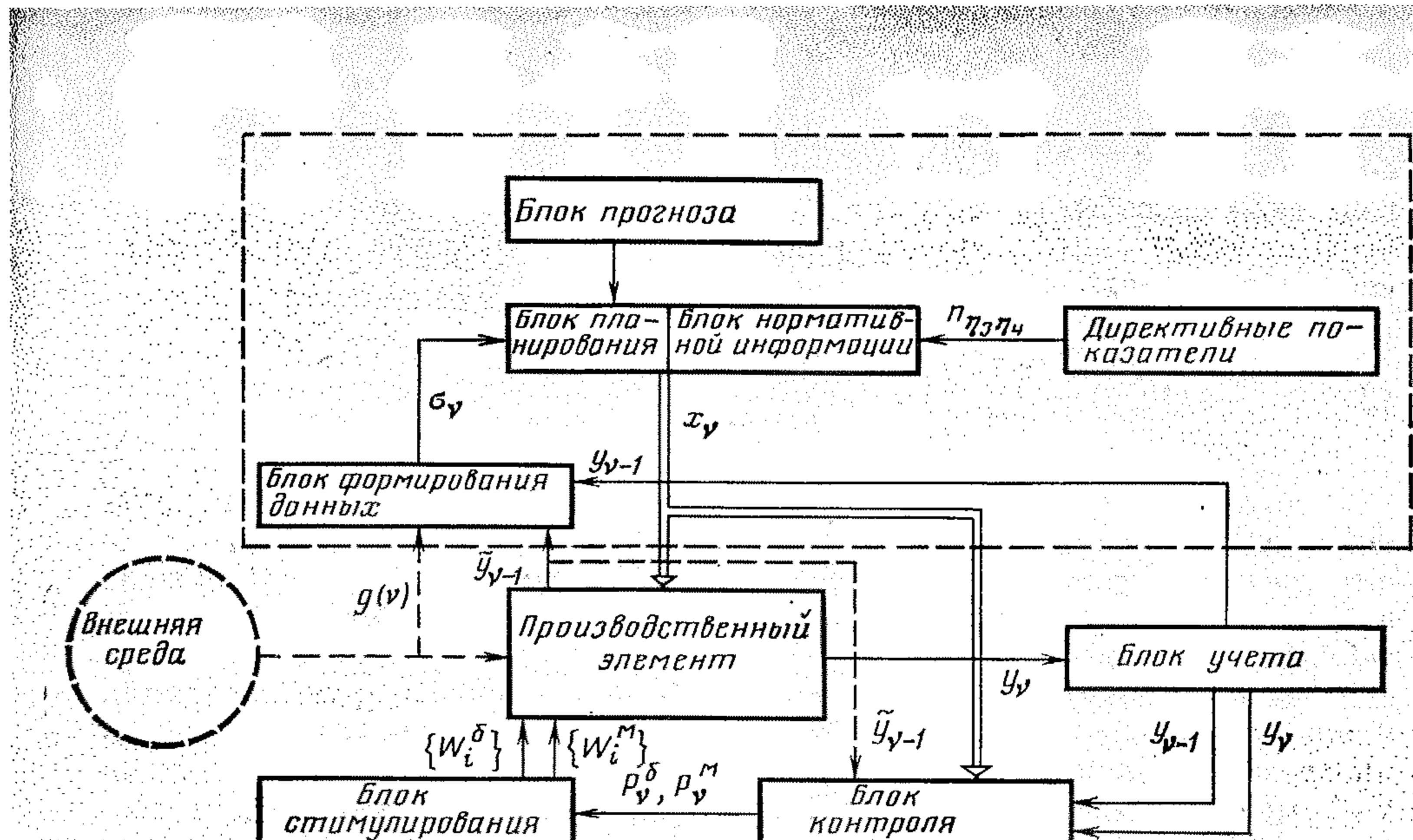


Рис. 3. Блок-схема функционирования рафинировочного производства

При выполнении плана поставок «чернового» свинца деятельность рафинировочного производства заключается в выполнении плановых показателей по выпуску товарного свинца с наименьшими потерями. Интересы центра заключаются в выполнении плана с минимальными производственными потерями, оказывающими существенное влияние на его технико-экономические показатели. К ним относятся потери от ожидания партиями начала операции первого щелочного рафинирования и розлива, от простоя и от «переналадки» разливочной системы [6]. Матрица переналадок разливочной системы $\|\gamma_{\eta_3 \eta_3'}\|$ в качестве элементов содержит коэффициент «переналадок» $\gamma_{\eta_3 \eta_3'} = \Delta W |c_{\eta_3} - c_{\eta_3'}|$, где ΔW — вес теряемого свинца от одной переналадки, c_{η_3} — стоимость 1 т «мягкого» свинца η_3 -й марки, $\eta_3, \eta_3' \in \theta_3$.

Общие потери производства за v -ю смену при реализации элементом нижнего уровня состояния y_v формально можно представить в следующем виде:

$$(1) \quad \Phi(x_v, y_v) = \sum_{l \in M_9^1(v) \cup M_{20}^1(v)} \alpha [\min(\bar{t}_9^l, vT) - \max(\bar{t}_9^l, (v-1)T)] + \\ + \sum_{l=1, l \in M_{21}^1(v) \cup M_{21}^2(v)} \left\{ \sum_{\eta_3, \eta_3' \in \theta_3} \Delta W |c_{\eta_3} y_{12\eta_3}^{l-1} - c_{\eta_3'} y_{12\eta_3'}^l| + \beta_1 [\min(t_{20}^l, vT) - \max(t_{20}^l, (v-1)T)] + \right. \\ \left. + \beta_2 [\min(\bar{t}_{20}^l, vT) - \max(\bar{t}_{21}^{l-1}, (v-1)T)] \right\},$$

где $x_v = \{(l, q, j_q), \bar{t}_{qj_q}^l | (l, q, j_q) \in \bar{C}_t^x, t=vT\}$ — план v -й смены, \bar{C}_t^x — множество всех запланированных работ (l, q, j_q) , которые должны быть завершены или выполняться в момент времени t , α и β_i — соответственно коэффициенты потерь от ожидания партий начала операций 2 и 4; β_2 — коэффициент потерь от простоя разливочной системы; $M_9^1(v)$, $M_{20}^1(v)$ — множество номеров партий, для которых в v -й смене начинаются операции 2 и 4; $M_9^2(v)$, $M_{20}^2(v)$ — множество номеров партий, которые в v -й смене ждут начала операций 2 и 4; $t_9^l = \max(\bar{t}_9^{l-1}, \bar{t}_8^l)$ — момент начала операции 2 на l -й партии; $t_{20}^l = \max(\bar{t}_{21}^{l-1}, \bar{t}_{19}^l)$ — момент начала операции 4 на

не $P_v^6 = P_v^6(x_v, y_v)$ складывается из показателя объема выполненных работ бригадой в v -й смене $P_{v1}^6 = P_1^6(y_v)$ и показателя выполнения сменного задания $P_{v2}^6 = P_2^6(x_v, y_v)$, $P_v^6 = P_v^6(x_v, y_v) = P_1^6(y_v) + P_2^6(x_v, y_v)$. Показатель объема выполненных работ $P_1^6(y_v)$ формируется путем свертки (суммирования) стоимости выполненных бригадой работ $\lambda = \{\lambda_{qj_q}\}$ в течение смены, где λ_{qj_q} — стоимость выполнения q -го параграфа j_q -м способом, устанавливается центром и записывается в следующем виде:

$$(4) \quad P_1^6(y_v) = \sum_{l \in \mathcal{L}} \sum_{q=1, q \neq 9}^{20} \sum_{j_q \in J_q} \lambda_{qj_q} y_{qj_q}^l(t) + \lambda_9 v_9(v) + \\ + \lambda_{21} u_{21}(v), \quad t \in [(v-1)T, vT].$$

Здесь $v_9(v)$ — процент удаленной примеси Sn, As, Sb за v -ю смену,

$$v_9(v) = \sum_{l \in M_9(v)} \alpha_9 [\min(vT, \bar{t}_9^l) - \max((v-1)T, \bar{t}_9^l)],$$

$u_{21}(v)$ — вес розлитого свинца за v -ю смену,

$$u_{21}(v) = \sum_{l \in M_{21}(v)} \sum_{j_{21} \in J_{21}} \alpha_{21j_{21}} y_{21j_{21}}^l [\min(vT, \bar{t}_{21j_{21}}^l) - \\ - \max((v-1)T, \bar{t}_{21j_{21}}^l)],$$

$M_9(v)$ — множество партий, на которых выполняется операция 2 в v -й смене; $M_{21}(v)$ — множество разливаемых партий в v -й смене; α_9 — фактическая производительность аппарата Гарриса; $\alpha_{21} = \{\alpha_{21j_{21}}\}$ — производительность разливочной системы.

Таким образом, показатель P_{v1}^6 объема выполненных бригадой в v -й смене работ однозначно определяется состоянием y_v производства, $P_{v1}^6 = P_1^6(y_v)$. Это позволяет считать, что для вычисления показателя P_{v1}^6 достаточно только той информации, которая поступает из блока учета. Показатель выполнения плана бригадой записывается в следующем виде:

$$P_{v2}^6 = P_2^6(x_v, y_v) = H_0 1[y_v, x_v],$$

где

$$1[y_v, x_v] = \begin{cases} 1, & \text{если } \forall (l, q, j_q) \in \bar{C}_t^x : \bar{t}_{qj_q}^l \leq \bar{t}_{qj_q}^l(x_v), \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$\bar{t}_{qj_q}^l(x_v)$ — плановый момент окончания работы (l, q, j_q) , H_0 — величина поощрения за выполнение плана бригадой. Таким образом, локальный показатель оценки деятельности бригады в v -й смене имеет вид ($t \in [(v-1)T, vT]$)

$$(5) \quad P^6(x_v, y_v) = \sum_{l \in \mathcal{L}} \sum_{q=1, q \neq 9}^{20} \sum_{j_q \in J_q} \lambda_{qj_q} y_{qj_q}^l(t) + \lambda_9 v_9(v) + \lambda_{21} u_{21}(v) + \\ + H_0 1[y_v, x_v].$$

Показатель оценки деятельности сменного мастера складывается из суммы двух показателей

$$(6) \quad P^M(\tilde{y}_{v-1}, y_{v-1}, x_v, y_v) = P_1^M(\tilde{y}_{v-1}, y_{v-1}) + P_2^M(x_v, y_v),$$

где $P_1^M(\tilde{y}_{v-1}, y_{v-1})$ — показатель достоверности сообщаемой информации о состоянии производства к началу планируемой v -й смены; $P_2^M(x_v, y_v)$ — показатель выполнения бригадой сменного задания, причем

$$(7) \quad P_1^M(\tilde{y}_{v-1}, y_{v-1}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \tilde{y}_{v-1} = y_{v-1}, \\ H_1 < 0, & \text{если } \tilde{y}_{v-1} \neq y_{v-1}, \end{cases}$$

$$(8) \quad P_{2^M}(x_v, y_v) = H_2 1[y_v, x_v] - H_3 (1 - 1[y_v, x_v]), \quad H_2, H_3 > 0.$$

6. *Блок стимулирования.* Значения локальных показателей, полученные в блоке контроля и оценки деятельности, используются соответственно для оплаты труда рабочих-рафинировщиков и для начисления премий сменным мастером из фонда заработной платы и фондов материального поощрения.

Система стимулирования производственных элементов $W = (W^b, W^m)$ строится как функция итоговых показателей оценки деятельности бригады $P_i^b = \sum_{i=1}^{V_t} P_{iv}^b$ и мастера $P_i^m = \sum_{i=1}^{V_t} P_{iv}^m$ в течение планируемого периода,

где V_i — количество смен, обслуживаемых i -й бригадой за планируемый период. Конкретно для i -й бригады и ее сменного мастера соответственно система стимулирования записывается в следующем виде: $W_i^b(P^b) = \left(P_i^b / \sum_{i' \in I} P_{i'}^b \right) M_1$, $P^b = \{P_i^b\}$, M_1 — фонд заработной платы бригад и $W_i^m(P^m) = \left(P_i^m / \sum_{i' \in I} P_{i'}^m \right) M_2$, $P^m = \{P_i^m\}$ (M_2 — фонд материального поощрения сменных мастеров).

Как видно из выражения для системы стимулирования, каждый производственный элемент заинтересован в увеличении значения итогового показателя оценки его деятельности, которая является аддитивной функцией от сменных локальных показателей. Поэтому в задаче оперативного управления производства за целевые функции элементов в течение v -й смены вполне естественно принять локальные показатели оценки их деятельности $P^b(x_v, y_v)$ и $P^m(\tilde{y}_{v-1}, y_{v-1}, x_v, y_v)$. Тогда игровое поведение бригады при заданном плане x_v заключается в стремлении к увеличению значения локального показателя $P^b(x_v, y_v)$ путем выбора состояния $y_v \in Y_v$. При этом вполне возможен случай, когда состояние y_v^* , обеспечивающее наибольшее значение $P^b(x_v, y_v)$,

$$(9) \quad P^b(x_v, y_v^*) = \max_{y_v \in Y_v} P^b(x_v, y_v),$$

не совпадает с планом x_v . Это может привести к невыполнению бригадой оптимального сменного задания, в котором заинтересован центр. Поэтому процедура планирования должна обеспечивать назначение в системе такого плана x_v , при выполнении которого достигалось бы оптимальное значение целевой функции системы. С другой стороны, процедура планирования должна обеспечивать выполнимость плана в силу его «выгодности» для бригады.

За целевую функцию сменного мастера в v -й смене принимается показатель оценки его деятельности P_v^m , которая, в свою очередь, является функцией сообщаемой им оценки \tilde{y}_{v-1} о состоянии системы к моменту планирования, ее достоверного значения y_{v-1} , плана элемента x_v и состояния y_v , $P_v^m = P^m(\tilde{y}_{v-1}, y_{v-1}, x_v, y_v)$.

Поведение сменного мастера будет состоять в стремлении к максимизации значения локального показателя оценки деятельности за счет сообщения информации о состоянии производства \tilde{y}_{v-1} и за счет обеспечения реализации подчиненной ему бригадой состояния y_v .

7. *Функционирование производственной системы.* Процесс функционирования рафинировочного производства с механизмом Σ , описанным выше, схематически проиллюстрирован на рис. 3, где показаны все отмеченные блоки механизма и их связи между собой. Опишем последовательность действий каждого из блоков и некоторые особенности механизма при оперативном управлении ходом производства.

К началу v -й смены в блок формирования данных поступает информация внешней среды о моментах $g(y)$ набора (поступления в производство) очередных партий «чернового» свинца в течение V смен, начиная с

v -й смены, и встречная информация производственного элемента \tilde{y}_{v-1} о состоянии производства к концу $(v-1)$ -й смены. Эта информация агрегируется в виде $\sigma_v = (g(v), \tilde{y}_{v-1})$ и затем передается в блок планирования.

Применение встречного способа формирования данных о состоянии системы вызвано несвоевременным поступлением достоверной информации y_{v-1} с блока учета, т. е. ее запаздыванием. В блок планирования помимо информации $\sigma_v = (g(v), \tilde{y}_{v-1})$ блока формирования данных поступает требование отдела сбыта на номенклатуру выпускаемых партий в течение V смен. Оно задается в виде необходимого количества партий «мягкого» свинца определенной марки и формы розлива.

Блок планирования, согласно принятой процедуре планирования $x_v = x_v(\sigma_v)$, формирует план и сообщает его производственному элементу. Эта же информация поступает в блок контроля. Сообщение плана производственному элементу и в блок контроля показано на рис. 3 двойной линией.

При заданном плане на смену x_v бригада реализует состояние y_v , максимизирующее его функцию выигрыша (9). Фиксирование реализованного элементом состояния y_v производится в блоке учета после окончания v -й смены.

Информация о реализованном состоянии поступает из блока учета в блок контроля и оценки деятельности. В блок контроля и оценки деятельности на основе сравнения плана x_v и его реализации y_v рассчитывается значение локального показателя оценки деятельности бригады за v -ю смену. Деятельность сменного мастера оценивается степенью выполнения подчиненной ему бригадой планового задания x_v , а также степенью достоверности сообщаемой им информации о состоянии системы \tilde{y}_{v-1} . Центр может установить искажение информации сменным мастером после этапа планирования, когда в блоке учета становится известным действительное состояние системы y_{v-1} . Поэтому в блоке контроля, помимо проверки совпадения состояния системы y_v с планом x_v , производится контроль степени искажения информации производственным элементом. Для этой цели информация \tilde{y}_{v-1} , сообщаемая производственным элементом в блок планирования, должна поступать и в блок учета.

Поступающая в блок контроля и оценки деятельности информация служит для подсчета значений локальных показателей оценки деятельности бригады и мастера, производственных потерь системы за смену, т. е. для определения достигнутых значений целевых функций элементов и системы в целом. Информация о локальных показателях поступает в блок стимулирования для подсчета заработной платы и премий производственным элементам. Информация из блока контроля может поступать также в блок планирования для оперативной корректировки плана производственных элементов при наличии отклонения фактического выполнения плана от его установленного значения.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Процедура построения множества Y_v

1. Принять $t = (v-1)T$ и определить множество завершенных и продолжаемых в момент времени t работ $C_t = C_t \cup B_t$.
2. Определить множество работ E_t , выполнение которых может начинаться в момент времени t , и сформировать множество всех работ, которые продолжаются или могут быть начаты в момент времени t , $L_t = C_t \cup E_t$.
3. Для множества L_t определить все его максимально допустимые фронты $G_p(L_t)$, состоящие из совокупности троек (l, q, j_q) , таких, что при $y_{qj_q}^l(t) = 1$ выполняются технологические ограничения производства, и вычислить для каждого максимального допустимого фронта моменты окончания входящих в него работ

$$T(G_p(L_t)) = \{\bar{t}_{qj_q}^l | (l, q, j_q) \in G_p(L_t)\}, \quad p = \overline{1, \Pi_t}$$

4. Выбрать из списка $T(G_p(L_t))$ ближайший существенный момент $t = \min \bar{t}_{qj_q}^l$ по $(l, q, j_q) \in G_p$ и принять его текущим, а выполненную работу занести в множество B_t выполненных работ, $p = \overline{1, \Pi_t}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашимов А. А., Бурков В. Н., Джапаров Б. А., Кондратьев В. В. Механизмы оперативного согласованного управления производственными системами. I. Согласованное планирование непрерывного производства.— АиТ, 1985, № 5, с. 112.
2. Дюкалов А. И., Иванов Ю. Н., Токарев В. В. Теория управления и экономические системы. I. Проблемы описания.— АиТ, 1974, № 5, с. 117—132.
3. Чернявский А. Л. Количественные методы исследования организационных систем (обзор).— АиТ, 1978, № 2, с. 113—135, № 3, с. 88—109.
4. Бурков В. Н., Кондратьев В. В. Механизмы функционирования организационных систем. М.: Наука, 1981.
5. Смирнов М. П. Рафингирование свинца и переработка полупродуктов. М.: Металлургия, 1977.
6. Конвой Р. В., Максвелл В. Л., Миллер Л. В. Теория расписаний. М.: Наука, 1975.
7. Ашимов А. А., Айсакова Б. А., Джапаров Б. А., Сагынгалиев К. С. Составление расписания работы рафинировочного цеха свинцового производства.— В кн.: Кибернетика и автоматика. Алма-Ата, 1978, вып. 7, с. 135—149.

Поступила в редакцию
8.XII.1983

CURRENT COORDINATES MANAGEMENT MECHANISMS CONTROL FOR INDUSTRIAL SYSTEMS.

II. FUNCTIONING MODEL FOR AN ON-LINE BATCH SYSTEM CONTROL

ASHIMOV A. A., BURKOV V. N., DZHAPAROV B. A.,
KONDRATEV V. V.

The paper is concerned with methodological problems in desing of on-line coordinated control mechanisms for lead refining, a typical batch process. The model and functioning mechanisms are described in terms of theory of active systems.