

средств автоматизации и
систем управления СССР

ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
/ автоматики и телемеханики /

*На правах рукописи

ЖВАНИЯ ВЛАДИМИР ВАЛЕРЬЯНОВИЧ

УДК 65.012

РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЗАДАЧ
СОГЛАСОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ДВУХУРОВНЕВЫХ
МОДЕЛЯХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ МНОЖЕСТВА
ВОЗМОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ

/ Специальности: 05.13.10 - управление в социальных и
экономических системах; 05.13.01 - управление
в технических системах /

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1987

Работа выполнена в ордена Ленина Институте проблем управления
/ автоматики и телемеханики /

Научный руководитель -- д.т.н., ст.н.с. В.В. Кондратьев

Официальные оппоненты - д.т.н., проф. Б.Л. Кучин
- к.ф.-м.н., ст.н.с. В.В. Савельев

Ведущая организация -- Московский государственный университет

Защита состоится " ____ " 1987 г. в ____ часов на
заседании специализированного совета К002.68.02 при Институте
проблем управления / автоматики и телемеханики / по адресу:
Москва, Профсоюзная ул., 65.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
проблем управления / автоматики и телемеханики /.

Автореферат разослан " ____ " 1987 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
д.т.н., к.ф.-м.н.

В.В. Кондратьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Среди современных проблем управления социально-экономическими системами актуальным направлением является разработка и исследование, с применением математических методов, моделей согласования интересов в иерархических структурах: теория игр с непротивоположными интересами, теория координации, информационная теория иерархических систем, теория активных систем и др. Первые модели, отражающие согласование интересов в иерархических структурах, появились в конце шестидесятых годов - задача Γ^4 (Ю.Б. Гермейер), принцип открытого управления, принцип согласованного планирования (В.И. Бурков, И.А. Горгидзе, А.Г. Ивановский), принципы координации (М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара), задачи координации при наличии балансовых ограничений в моделях территориального и отраслевого планирования (А.Г. Аганбегян, К.А. Багриновский) и др. В последние годы в исследовании социально-экономических систем характерными стали работы, выполненные с привлечением смежных дисциплин теории управления. Одним из новых классов задач, возникших на стыке управления в социально-экономических системах и управления в технических системах являются задачи согласования и согласованной оптимизации в иерархических структурах с человеком в управляемых подсистемах (в теории активных систем их называют активными элементами). При этом задача согласования соответствует построению таких механизмов управления системой, которые обеспечивают "заинтересованность" активных элементов, действующих в силу максимизации своих целевых функций (функций стимулирования), в реализации заданных целевых требований на соотношение между плановыми и фактическими показателями их состояний. В задачах согласованной оптимизации наряду с требованием согласования учитывается и требование оптимальности функционирования системы. Целевые требования такого типа являются характерными для систем оперативного управления производственными объектами.

Исследования таких задач согласования и согласованной оптимизации в первую очередь начали проводиться для случая простейшей базовой модели – двухуровневая статическая детерминированная структура, независимые активные элементы, полная информированность центра (Б.А. Джапаров, А.К. Еналеев, В.В. Кондратьев и др.), а дальше получили развитие в ряде расширений базовой модели, учитывавших характерные особенности организационных систем: это неопределенность (А.В. Цветков), адаптация (С.П. Андреев), неопределенность и иерархия (Н.В. Константинова) и др.

Одно из направлений связано с распространением этой проблематики на системы с динамикой множества возможных состояний активных элементов. Центральной особенностью таких систем является зависимость множества возможных состояний в текущем периоде от состояния системы реализованного в предшествующем ему периоде функционирования. В результате: выбор состояния системы в текущем периоде влияет на последующие периоды функционирования, и тем самым периоды функционирования становятся "зависимыми"; при анализе принятия решений центром и активными элементами требуется учитывать их дальновидность, а также возможные режимы принятия решений – программный и скользящий.

Проведенный в работе анализ современного состояния исследований двухуровневых систем с динамикой множества возможных состояний активных элементов показывает, что в этом направлении исследования задач согласования и согласованной оптимизации необходимого развития не получили. Вместе с тем это позволило бы существенно расширить область применения результатов исследований по этой проблематике на объектах народного хозяйства, где существенным является фактор динамики множества возможных состояний управляемых подсистем.

Цель работы. Целью работы является разработка и исследование задач согласованной оптимизации и согласования в моделях двух-

уровневых социально-экономических систем с динамикой множества возможных состояний активных элементов и их применения при разработке систем оперативного управления производственными объектами.

Основные задачи диссертационной работы, определяемые поставленной целью, состоят в следующем:

1. Развитие моделей функционирования двухуровневых социально-экономических систем с динамикой множества возможных состояний активных элементов в направлении расширения охвата характерных вариантов программных и скользящих режимов принятия решений на верхнем и нижнем уровнях.
2. Развитие постановок задач согласованной оптимизации на рассматриваемый класс моделей и их исследование.
3. Развитие постановок задач согласования на рассматриваемый класс моделей и их исследование.
4. Апробация и внедрение результатов при проектировании систем оперативного управления производственными объектами.

Методы исследования базируются на использовании теории управления в социальных и экономических системах, методологии управления социалистическим производством, аппарата теории управления в технических системах, теории активных систем.

Связь с планом. Разработки и исследования по теме диссертационной работы проводились в рамках тем Института проблем управления: II-83/57 (1983–1985 г.г., № гос. регистрации ОI.83.0 0552176), "Эффект-соревнование" (1984–1986 г.г., № гос. регистрации ОI.84.004 ОЗОИ), № 1916 "На базе теории активных систем разработка и внедрение механизмов оперативного согласованного управления промышленных предприятий массового производства непрерывно-дискретного типа" (совместно с КазПТИ).

Научная новизна работы. Расширен состав моделей функционирования двухуровневых социально-экономических систем с динамикой мно-

кества возможных состояний элементов в направлении охвата характерных вариантов программных и скользящих режимов принятия решений на верхнем и нижнем уровне. На этой основе сформирован базовый комплекс моделей функционирования двухуровневых активных систем с динамикой множества возможных состояний активных элементов.

Для базового комплекса моделей сформулированы задачи согласованной оптимизации; получены необходимые и достаточные условия оптимальности согласованных механизмов функционирования, построены допускающие конструктивную проверку и практическое применение соответствующие им достаточные условия.

Для базового комплекса моделей сформулированы задачи локально-го (периодного) согласования, когда требуется обеспечить заинтересованность активных элементов в реализации заданного соотношения между планом и его реализацией в каждом периоде функционирования; построены достаточные условия реализации таких целей согласования. Для каждого, с практической точки зрения, варианта двухуровневой системы с цепочкой последовательных элементов (соответствующем специальному виду системы с динамикой множества возможных состояний), сформулирована задача глобального согласования, когда требуется обеспечить заинтересованность активных элементов в точном выполнении плана в конце планового периода. Для реализации такой цели предложен механизм с двумя контурами управления (с характерными временами срабатывания один и несколько периодов функционирования), показаны преимущества применения такого механизма по сравнению с одноконтурным механизмом, получены условия, обеспечивающие совместную настройку двух контуров управления при реализации поставленной цели.

Практическая ценность работы. Результаты диссертационной работы могут быть использованы на объектах народного хозяйства, при моделировании и исследовании механизмов оперативного управления производственными объектами, существенными факторами которых являются

наличие человека в контуре управления и динамика множества возможных состояний управляемых объектов.

Результаты исследования задач согласованной оптимизации могут применяться при разработке процедур планирования, оценки деятельности и стимулирования в называемых системах оперативного управления, что позволяет обеспечить одновременную реализацию характерных требований на соотношение планов и фактического состояния системы и требований оптимальности. Результаты исследования задач согласования могут применяться при разработке процедур оценки деятельности и стимулирования в называемых системах оперативного управления, что позволяет обеспечить реализацию характерных требований на соотношение плана и реализации в каждом периоде функционирования.

Результаты разработки и исследования двухконтурных моделей управления и задач глобального согласования в конце планового периода могут применяться при разработке в называемых условиях систем оперативного управления с двумя контурами управления (смена, сутки и декада, месяц), что позволяет настраивать процедуры оценки деятельности и стимулирования во внешнем и внутреннем контурах управления на реализацию требования выполнения конечного планового задания (декада, месяц).

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы получили внедрение в двух направлениях:

1. При разработке "Методических основ проектирования комплексной оценки результатов деятельности и стимулирования предприятий" утвержденных НИТУ Минприбора СССР. Результаты работы были использованы при разработке раздела методики, описывавшего настройку процедур оценки деятельности и стимулирования на реализацию заданных соотношений между планом и его реализацией в программном режиме принятия решений центра.

2. При разработке автоматизированной системы оперативного со-

глосованного управления агломерационным цехом Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината имени В.И. Ленина. Экономический эффект от внедрения системы в промышленную эксплуатацию составил 208100 руб. Результаты работы нашли применение при разработке второй очереди системы, в ходе которой к первому контуру оперативного согласованного управления (месячное планирование, сменное планирование, сменная оценка деятельности и стимулирование brigad) был добавлен второй контур оперативного управления (оценка деятельности и стимулирование по результатам месяца). С их использованием обоснована целесообразность введения второго контура управления, выполнена совместная настройка процедур оценки деятельности и стимулирования в первом и втором контурах управления.

Личный вклад. Все основные результаты диссертационной работы получены автором.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы представлялись на научных семинарах Института проблем управления, на XXX конференции молодых ученых и специалистов Института проблем управления (май, 1984 г.), на Межвузовском научно-техническом семинаре "Автоматизация научных исследований по совершенствованию хозяйственных механизмов (май, 1984 г., Калинин), на 16-м семинаре ИФАК/ИСАГА "Деловые игры и имитационное моделирование" (июнь 1985 г., Алма-Ата), на X Всесоюзном совещании-семинаре "Управление иерархическими активными системами" (ноябрь, 1986 г., Тбилиси).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и содержит 183 стр., в том числе: 149 стр. машинописного текста, 25 рис., 9 стр. машинописного текста списка использованной литературы, включающего 102 наименования. Приложение I к диссертационной работе содержит 7 стр. машинописного текста и дополняет гл. 4. Приложение 2 содержит акты о внедрении результатов диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении анализируется современное состояние проблематики, обосновывается актуальность выбора цели и задач диссертационной работы и приводятся основные положения, которые выносятся на защиту, описывается структура и краткое содержание работы.

Глава I. В §I.1 рассматривается базовая модель двухуровневой статической активной системы, приведен обзор постановок и результаты исследований задач согласованной оптимизации и согласования в базовой модели. В § I.2 приводится описание структуры модели активной системы с динамикой множества возможных состояний, разработанный в теории активных систем (А.В. Щепкин). Обозначено: $I = \{i | i = \overline{1, n}\}$ - множество активных элементов; \bar{t} - период функционирования; T - число периодов функционирования в плановом периоде $t = \{1, \dots, \bar{T}\}$; $y_i^t \in Y_i^t$ - состояние и множество возможных состояний i -го элемента в t -ом периоде функционирования; $y_i^{(T)} = \{y_i^t, t = \bar{1, T}\} \in Y_i^{(T)}$; $\{x_i^t | x_i^t \in X_i^t, t = \bar{1, T}\}$ - траектория состояний и множество возможных траекторий состояний i -го элемента; $x_i^t \in X_i^t$ - план и множество допустимых планов i -го элемента в t -ом периоде функционирования; $x_i^{(T)} = \{x_i^t, t = \bar{1, T}\} \in X_i^{(T)}$; $= \{x_i^t | x_i^t \in X_i^t, t = \bar{1, T}\}$ - плановая траектория и множество допустимых плановых траекторий; $f_i^t(x_i^t, y_i^t)$ - целевая функция i -го элемента в t -ом периоде функционирования; $\phi^t(x_i^t, y_i^t)$ - целевая функция в t -ом периоде. Рассматриваются целевые функции следующей структуры: $f_i^t(x_i^t, y_i^t) = f_i^t(y_i^t) - \chi_i^t(x_i^t, y_i^t)$, $\phi^t(x_i^t, y_i^t) = H^t(y_i^t) - \tilde{\chi}^t(x_i^t, y_i^t)$, где $f_i^t(y_i^t) = f_i^t(y_i^{(T)})$, $H^t(y_i^t) = \phi^t(y_i^{(T)})$ - функции уровня, $\chi_i^t(x_i^t, y_i^t) \geq 0$, $\tilde{\chi}^t(x_i^t, y_i^t)$ - функция штрафа за невыполнение плана, $x_i^t = \{x_i^t | x_i^t \in I\}$, $y_i^t = \{y_i^t | t \in I\}$ - план и состояние системы в t -ом периоде.

В работе рассматривается активная система, когда множества возможных состояний элементов в периоде t зависят от их состояний в периоде ($t-1$): $Y_i^t = Y_i^t(Y_i^{t-1})$, и аналогично $X_i^t = X_i^t(Y_i^{t-1})$. Так как вид乎 до § 3.3 элементы предполагаются независимыми, индекс i

Производится анализ современного состояния исследований механизмов функционирования активных систем с динамикой множества возможных состояний. Исходя из результатов проведенного анализа, обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формулируются цели и задачи диссертационной работы (§ I.3). В § I.4 приводятся результаты решения первой задачи диссертационной работы. Приводится классификация режимов принятия решений центра.

Если центр в начале планового периода формирует плановую траекторию (программу) x^{1, N_u+1} (N_u – горизонт планирования центра) и не корректирует ее, то такой режим называют программным. Если в начале планового периода центр формирует плановую траекторию x^{1, N_u+1} на интервале $[1, N_u+1]$, а в последующих периодах функционирования, по мере поступления новой информации, корректирует ее, то такой режим называют скользящим. Если центр недальновидный, т.е. $N_u=0$, тогда скользящий режим превращается в текущий. Аналогично классифицируется и режим принятия решений элементов (режим выбора состояний y^1, y^2, \dots, y^T).

Блок-схемы механизмов функционирования модели, в условиях программного и скользящего режимов принятия решений центра, представлены соответственно на рис. I и рис. 2. Видно, что в первом случае этап планирования проходит один раз за плановый период, а во втором случае в каждом периоде. Этап реализации проходит в каждом периоде.

Модель базируется на дискретном описании функционирования системы с рекуррентным заданием множества возможных состояний элементов. Это один из важных, хотя и относительно частных, случаев учета динамики в модели. Однако уже здесь проявляются все характерные эффекты динамики принятия решений центром и элементами, что было учтено при выборе названия работы.

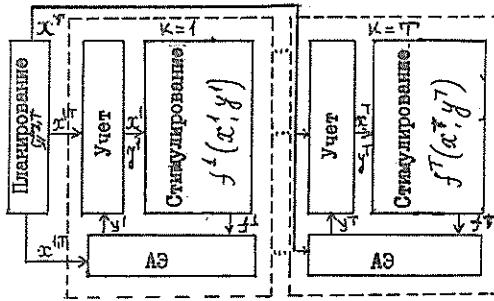


Рис. I.

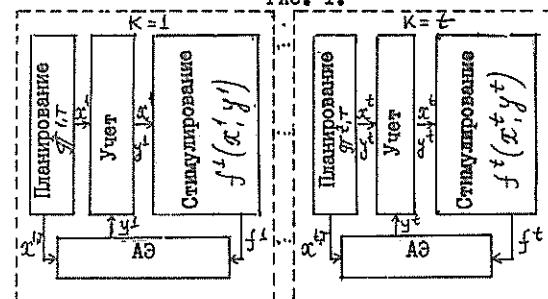


Рис. 2

Характеристики уровня	Режим принятия решений	Дальновид- ность	Горизонт
ЦЕНТР	Программн. *Скользящий	$N_u = 0,$ $N_u = T-1, *$ $1 \leq N_u < T-1$	Фиксиров. *Скользящий
ЭЛЕМЕНТ	Программн. *Скользящ. * $1 \leq N_e < T$	$N_{A\mathcal{E}} = 0,$ $N_{A\mathcal{E}} = T, *$	Фиксиров. *Скользящ. *

Рис. 3.

Глава 2. В § 2.1 рассматривается задача построения таких функций стимулирования, которые обеспечивают оптимальность процедур правильного согласованного планирования, т.е. процедур, при которых обеспечивается точное выполнение плановой траектории.

Поясним постановку задачи для следующего варианта организации

Исходя из проведенного анализа, выявлены основные характеристики модели: режим, дальновидность и горизонт принятия решений центра и активных элементов. Определена классификация характеристик модели, своденная в таблицу на рис.3. Строится модель механизма функционирования активной системы с динамикой множества возможных состояний, в которой эти характеристики модели заданы

параметрически. Их фиксация приводит к конкретизации типа модели. Ранее описывались модели с фиксированными характеристиками, отмеченными на рис. 3 звездочками.

функционирования. Рассматривается функционирование системы на плановом периоде $[4, T]$. Центр применяет программный режим принятия решений с фиксированным горизонтом, его дальновидность $N_4 = T-1$. Целевая функция центра есть сумма целевых функций в отдельных периодах $\sum_{k=t}^T \phi^k(x^k, y^k)$. Элемент применяет скользящий режим принятия решений со скользящим горизонтом, и с заданной дальновидностью N_{13} . Целевая функция элемента в t -м периоде есть сумма целевых функций в отдельных периодах $\sum_{k=t}^{t+N_{13}} f^k(x^k, y^k), t=4, T$.

В этом случае механизм функционирования имеет вид:

$$g^{4, T} = \left\{ \mathcal{Y}^{4, T}; \sum_{k=t}^{t+N_{13}} \phi^k(x^k, y^k); \sum_{k=t}^{t+N_{13}} f^k(x^k, y^k), t=4, T \right\},$$

где $\mathcal{Y}^{4, T}$ – процедура формирования плановой траектории $X^{4, T}$.

Вводятся теоретико-игровые конструкции. Модель поведения элемента

$$\sum_{k=t}^{t+N_{13}} f^k(x^k, y^k) \rightarrow \max \text{ по } y^t, t, t+N_{13} \in \mathcal{Y}^{4, t, t+N_{13}}(y^{t-1}), y^{t-1} = y_{t-1} \in \mathcal{Y}^{t-1},$$

где y_{t-1} – начальное состояние в $(t-1)$ -м периоде для элемента, принимающего решение в t -м периоде, \mathcal{Y}^{t-1} – множество начальных состояний. Так как элемент в t -м периоде реализует состояние только текущего t -го периода y^t , а вся остальная траектория состояний $y^{t+1, t+N_{13}}$ является прогнозом состояний на будущие периоды функционирования, то множество решений игры $R^{t, \cdot}(\cdot)$ – выборов состояния y^t в периоде t центр определяет следующим образом:

$$R^t(x^{t, t+N_{13}}, f^{t, t+N_{13}}, y^{t-1}) = \left\{ y^t / y^t \in \operatorname{Argmax}_{y^{t, t+N_{13}} \in \mathcal{Y}^{t, t+N_{13}}(y^{t-1})} \sum_{k=t}^{t+N_{13}} f^k(x^k, y^k) \right\}.$$

Зная о таком поведении элемента в каждом периоде, центр строит множество решений игры $R^{4, T}(\cdot)$ в плановом периоде:

$$R^{4, T}(x^{4, T}, f^{4, T}, y^0) = \left\{ y^{4, T} / y^0 = y^0 \in \mathcal{Y}^0, y^t \in R^t(x^{t, t+N_{13}}, f^{t, t+N_{13}}, y^{t-1}), y^t = y^t, t=4, T \right\}, \quad (1)$$

и определяет свой критерий эффективности в плановом периоде:

$$K^{4, T}(x^{4, T}, f^{4, T}, y^0) = \min_{y^{4, T} \in R^{4, T}(x^{4, T}, f^{4, T}, y^0)} \sum_{k=1}^T \phi^k(x^k, y^k), y^0 = y^0 \in \mathcal{Y}^0.$$

Множество правильных согласованных плановых траекторий

$$S^{4, T}(f^{4, T}, y^0) = \left\{ \hat{u}^{4, T} / \hat{u}^{4, T} \in R^{4, T}(x^{4, T}, f^{4, T}, y^0) \right\}, y^0 = y^0 \in \mathcal{Y}^0, \quad (2)$$

– это множество таких плановых траекторий $\hat{u}^{4, T}$, которые в каждом периоде функционирования элементу выгодно выполнять.

Процедура оптимального планирования с прогнозом состояний

$$\mathcal{Y}_{opt}^{4, T} : K^{4, T}(x^{4, T}, f^{4, T}, y^0) \rightarrow \max, \text{ по } x^{4, T} \in X^{4, T}(y^0), y^0 = y^0 \in \mathcal{Y}^0. \quad (3)$$

Это максиминная задача оптимизации, когда критерий эффективности максимизируется на множестве допустимых плановых траекторий. При этом, вообще говоря, фактическая и плановая траектории могут не совпадать.

Процедура оптимального правильного согласованного планирования

$$\mathcal{Y}_{optc}^{4, T} : \sum_{k=1}^T \phi^k(u^k, u^k) \rightarrow \max, \text{ по } u^{4, T} \in X^{4, T}(y^0) / S^{4, T}(f^{4, T}, y^0), y^0 = y^0 \in \mathcal{Y}^0. \quad (4)$$

В ней критерий эффективности оптимизируется на множестве допустимых и согласованных плановых траекторий. При этом заведомо можно утверждать, что плановая траектория будет точно выполнена. Обеспечение выполнения этого ограничения может снизить эффективность функционирования системы по сравнению с эффективностью механизма с процедурой (3).

Задача заключается в определении условий на функции стимулирования $f^{4, T} = \{f^1, f^2, \dots, f^T\}$, при которых эффективности процедур (3) и (4) совпадают:

$$f^{4, T} ? ; \max_{u^{4, T} \in X^{4, T}(y^0) / S^{4, T}(f^{4, T}, y^0)} \sum_{k=1}^T \phi^k(u^k, u^k) = \max_{x^{4, T} \in X^{4, T}(y^0)} K^{4, T}(x^{4, T}, f^{4, T}, y^0), y^0 = y^0 \in \mathcal{Y}^0. \quad (5)$$

В основе схемы исследования этой задачи использована схема исследования задачи в "базовой модели" активной системы. Приводится развитие этой схемы на активные системы с динамикой.

Теорема 2.1. Для одинаковой эффективности двух механизмов $\frac{g_{opt}}{f_{opt}}$ и $\frac{g^{opt}}{f^{opt}}$, необходимо и достаточно выполнение одного из ниже следующих эквивалентных условий

$$1. \forall y^0 = \delta^0 = y_0 \in Y^0; \exists x^{t,T} \in X^{t,T}(y^0), u^{t,T} \in U^{t,T}(y^0);$$

$$\forall y^{t,T} \in Y^{t,T}(y^0); y^k \in Y^k(\delta^{k-1}), y^{k-1} = u^{k-1}, k = \overline{t, T};$$

$$R^{t,T}(x^{t,T}, f^{t,T}, y^0) \cap X^{t,T}(y^0) \cap S^{t,T}(f^{t,T}, y^0) \neq \emptyset.$$

$$2. \forall y^0 = \delta^0 = y_0 \in Y^0; \exists x^{t,T} \in X^{t,T}(y^0), u^{t,T} \in U^{t,T}(y^0) \cap Y^{t,T}(y^0);$$

$$\forall y^{t,T} \in Y^{t,T}(y^0); y^k \in Y^k(y^{k-1}), y^{k-1} \in R^{k-1}(x^{k-1}, f^{k-1}, y^{k-2}), k = \overline{t, T},$$

$$\forall u^{t,T} \in U^{t,T}(y^0); y^k \in Y^k(\delta^{k-1}), y^{k-1} = u^{k-1}, k = \overline{t, T};$$

$$\sum_{k=t}^{t+M_3} f^k(u^k, y^k) + \sum_{k=t}^{t+M_3} f^k(x^k, y^k) \leq \sum_{k=t}^{t+M_3} f^k(u^k, u^k) + \sum_{k=t}^{t+M_3} f^k(x^k, u^k), t = \overline{t, T}.$$

Первое условие записано в теоретико-множественной форме, что удобно с точки зрения содержательной интерпретации, но не конструктивно; второе условие записано в форме системы неравенств, раскрывающие все характерные множества. Видно, что множества определения условий теоремы 2.1 задаются с помощью рекуррентных процедур пересчета состояний и множеств возможных состояний в зависимости от выбора состояния в предшествующих периодах функционирования.

Аналогичным образом рассматривается еще ряд характерных способов организации функционирования системы. На этой основе в § 2.2 строится структура необходимых и достаточных условий оптимальности зависящих от характеристик функционирования системы, показанных в таблице на рис. 3, как от параметров. Конкретизация этих параметров позволяет получить необходимые и достаточные условия согласованной оптимальности для каждого конкретного способа организации функционирования системы. Таким образом, можно сказать, что в работе разработана схема анализа задач согласованной оптимизации для всех случаев, описанных в главе I.

В § 2.3 получены достаточные условия оптимальности $\frac{g^{opt}}{f^{opt}}$ накладываемые на функции штрафов в функциях стимулирования элементов (т.е. достаточные условия теоремы 2.1).

$$1. \forall y^0 = \delta^0 = y_0 \in Y^0, x^{t,T}, u^{t,T} \in X^{t,T}(y^0), z^{t,T} \in Y^{t,T}(y^0) \subset X^{t,T}(y^0);$$

$$\sum_{k=t}^{t+M_3} X^k(x^k, z^k) \leq \sum_{k=t}^{t+M_3} X^k(x^k, u^k) + \sum_{k=t}^{t+M_3} X^k(u^k, z^k), t = \overline{t, T}. \quad (6)$$

В работе построены две схемы получения более простых конструктивных достаточных условий выполнения (6). Первая основана на том, что для выполнения условия (6) достаточно выполнение неравенства треугольника в каждом отдельном периоде:

$$2. \forall y^0 = \delta^0 = y_0 \in Y^0, x^t, u^t \in X^t(y^{t-1}), z^t \in Y^t(y^{t-1}) \subset X^t(y^{t-1}), y^t = y_0 \in Y^{t-1} \quad (?)$$

$$X^t(x^t, z^t) \leq X^t(x^t, u^t) + X^t(u^t, z^t), t = \overline{t, T+M_3}.$$

В статических активных системах определен класс простых конструктивных функций штрафа, которые удовлетворяют неравенству треугольника и могут применяться в практических задачах. Один из примеров кусочно-линейных функций штрафов показан на рис. 4.

Вторая линия исследований задачи основывается на учете эффектов динамики и дальности. Если в некоторых периодах функционирования $P = \{j_1, \dots, j_N\}$ неравенство треугольника нарушается (на рис. 5 в k -м периоде функция штрафа имеет вид параболы) и

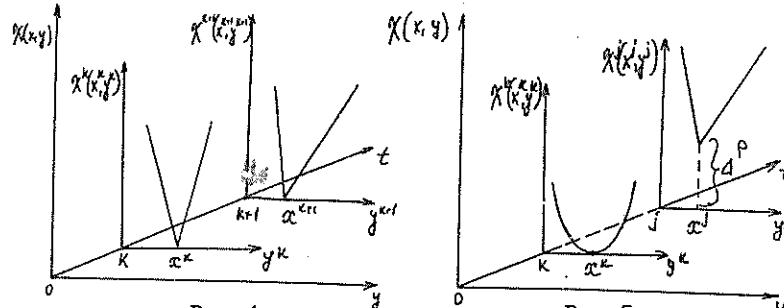


Рис. 4.

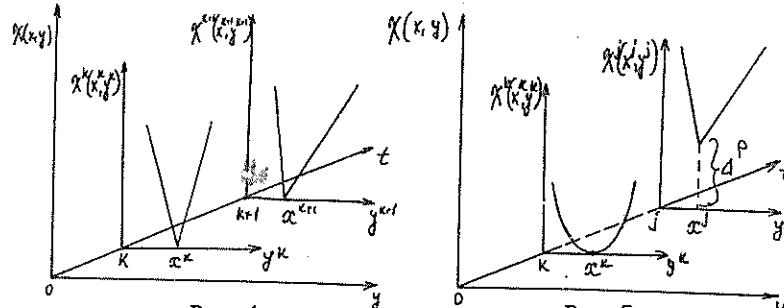


Рис. 5.

можно построить оценку величины нарушения Δ^P , то в последующих периодах штрафы должны быть увеличены в сумме на неменьшую величину. Это гарантирует выполнение исходного условия (6).

Если в главе 2 рассматривались, накладываемые на функции стимулирования, условия оптимальности процедур согласованного планирования, то глава 3 посвящена задачам построения функций стимулирования, обеспечивающих заинтересованность элементов в реализации целей согласования в системах с динамикой. Для рассматриваемого класса систем такие цели могут формулироваться для каждого периода функционирования (§ 3.1, 3.2) и для последнего периода функционирования на заданном плановом интервале T (§ 3.3).

В § 3.1 дается постановка и исследование задач построения согласованных механизмов функционирования в активных системах с динамикой при программном режиме принятия решений центра. Назначив программную плановую траекторию x^{1T} , центр устанавливает целевые ограничения на соотношение плановой траектории x^{1T} и фактической траектории состояний y^{1T} в плановом периоде, задающие множество $L(x^{1T})$ траекторий состояний, согласованных с плановой траекторией. В работе рассматривается три характерных варианта цели согласования:

- $L^1(x^{1T}) = \{y^{1T} / y^{1T} = x^{1T}\}$ – точное выполнение плановой траектории;
- $L^2(x^{1T}) = \{y^{1T} / y^{1T} \geq x^t, y^0 = y^0 \in Y^0, y^t \in Y^t(y^{t-1}), t = \overline{1, T}\}$ – выполнение и перевыполнение плановой траектории;
- $L^3(x^{1T}) = \{y^{1T} / |y^t - x^t| \leq \varepsilon, y^0 = y^0 \in Y^0, y^t \in Y^t(y^{t-1}), t = \overline{1, T}, \varepsilon > 0\}$ – прохождение в ε -окрестности плановой траектории.

Данная цель реализована на некотором множестве плановых траекторий $X^{1T}(y^0)$, если

$$\forall x^{1T} \in X^{1T}(y^0) : y^{1T} \in L(x^{1T}).$$

При гипотезе "благожелательности" условие реализации цели $L(x^{1T})$ в активной системе имеет вид:

$$f^{1T} ? : \forall x^{1T} \in X^{1T}(y^0) : R^t(x^{1,t,N_0}, f^{1,t,N_0}, y^t) \cap L(x^t) \neq \emptyset, R^t(\cdot) \in R^t(\cdot), \quad (8)$$

где $R^{1T}(x^{1T}, f^{1T}, y^0)$ – множество решений игры в плановом периоде.

Задача согласования подробно исследовалась в базовой модели статической активной системы, где были сформулированы такие условия, получившие название условия сильных штрафов, которые обеспечивают заинтересованность элементов в выборе состояний, находящихся в заданном соотношении с планом.

В системах с динамикой дальновидный элемент может даже при сильных штрафах проиграв в текущем периоде, получить более благоприятные условия в последующих периодах и там "наверстать" свой проигрыш. Поэтому наряду с условием сильных штрафов за нереализацию заданной цели согласования:

$$\forall x^t \in X^t(y^{t-1}), y^t \in L(x^t), y^t \notin L(x^t); f^t(x^t, y^t) > f^t(x^t, y^t), \quad (9)$$

приходится вводить дополнительные условия. Одним из них является условие вложенности области согласования (теорема 3.1)

$$\forall y^{t-1} = y_{t-1} \in Y^{t-1}, y^{t-1, t, N_0} \in Y^{t-1, t, N_0}(y^{t-1}); L(x^{t+1}) \subset Y^{k+1}(y^k), k = \overline{t, T, N_0}. \quad (10)$$

При любой возможной реализации y^k множества возможных состояний $Y^{k+1}(y^k)$ на плановом периоде, множество согласованных состояний $L(x^{t+1})$ всегда должно находиться в множестве $Y^{k+1}(y^k)$ возможных состояний. Вместе с тем можно указать примеры, когда это условие не выполняется, например, для цели "выполнение и перевыполнение плановой траектории". Для таких целей предложен другой вариант условия, это условие эффективности реализации цели (теорема 3.2):

$\forall y^{k+1} = y_{k+1} \in Y^{k+1}, \tilde{y}^k, y^k \in Y^k(y^k), \tilde{y}^k \notin L(x^k), y^k \in L(x^k)$:

$$Y^{k+1}(\tilde{y}^k) \subset Y^{k+1}(y^k), \quad k = \overline{t, t+N_4}$$

для элемента в последующих периодах $K > t$ создаются более благоприятные условия $Y^{k+1}(\tilde{y}^k) \subset Y^{k+1}(y^k)$ при реализации согласованных состояний $\tilde{y}^k \in L(x^k)$, чем при реализации несогласованных состояний $\tilde{y}^k \notin L(x^k)$ в текущем K -м периоде.

В § 3.2 рассматривается задача согласования в скользящем режиме принятия решений центра и элементов. В этом случае элемент может влиять на будущие периоды не только влияя на будущие множества возможных состояний, но и на будущую плановую траекторию.

С учетом этой особенности, для решения задачи согласования наряду с ранее названными условиями 9 и 10 (или 11) достаточно потребовать выполнение условия "угрозы штрафа" (теоремы 3.3 – 3.5)

$$\forall x^{t, t+N_4} \in X^{t, t+N_4}(y^t), y^t \notin L(x^t), \tilde{x}^{t+1, t+N_4} \in X^{t+1, t+N_4}(y^t); \\ f_H^k(x^k, \tilde{x}^k) \leq f_H^k(x^k, x^k), \quad k = \overline{t+1, t+N_4}, \quad (12)$$

где $f_H^k(x^k, \tilde{x}^k)$ – значение целевой функции в периодах $K > t+1$, при отклонении y^t от множества согласованных состояний $L(x^t)$ в текущем периоде t , т.е. элемент несет наказание в последующих периодах.

В § 3.3 рассматривается следующая задача согласования. Пусть x – план, а y – состояние в конце планового периода, где $x = \{x^1, \dots, x^T\}$, $y = \{y^1, \dots, y^T\}$, а \mathcal{J} – заданная функция. Требуется обеспечить реализацию цели $\mathcal{L}^*(x) = \{y | y = x\}$. Эта задача рассматривается для важного с практической точки зрения варианта структуры системы с цепочкой последовательных элементов. При этом учитывается возможность несовпадения в отдельных периодах функционирования, прогнозируемых центром, и фактических множеств возможных состояний, что вообще говоря может приводить

к назначению нереализуемых плановых траекторий.

Для реализации цели $\mathcal{L}^*(x)$ в работе предложен механизм функционирования с двумя контурами управления: внутренний и внешний с временами срабатывания один и T периодов соответственно.

Блок-схема модели механизма функционирования представлена на рис. 6, $T-h < t \leq T$, для элемента номер i .

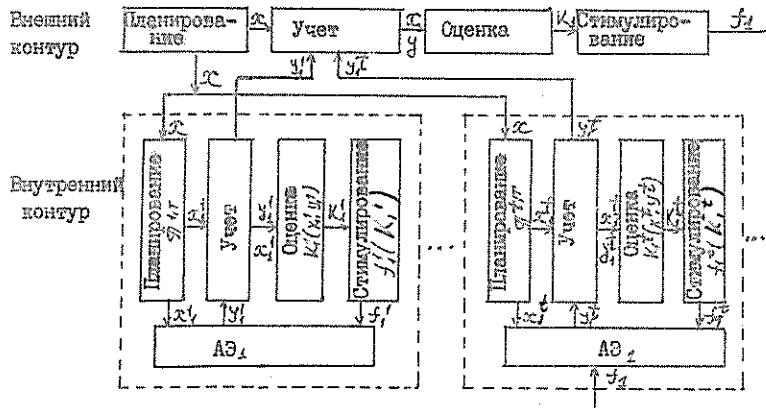


Рис. 6.

Система стимулирования i -го элемента при двухконтурном управлении имеет вид:

$$W_i = \sum_{t \in P_i} \tilde{f}_i^t(K_i^t(x_i^t, y_i^t)) + \tilde{f}_i(K_i(x_i, y_i)) + \sum_{t \in P_i} f_i^t(x_i^t, y_i^t) + f_i(x_i, y_i), \quad (13)$$

где $f_i^t(x_i^t, y_i^t)$ – функция стимулирования i -го элемента в периоде t , а

$$f_i(x_i, y_i) = \begin{cases} C_i, & \text{если } x_i = y_i, \\ 0, & \text{если } x_i \neq y_i, \end{cases} \quad (14)$$

функции стимулирования i -го элемента за выполнение плана x_i ,

P_i – множество периодов, в которых i -й элемент выбирает состояние.

Задача заключается в совместной настройке функций стимулирования $f_i^t(x_i^t, y_i^t)$ и $f_i(x, y)$ так, чтобы элементы были заинтересованы выполнять план \mathcal{X} .

В работе обосновывается, что в рассматриваемых условиях функционирования модель поведения i -го элемента можно принять следующей:

$$f_i^t(x_i^t, y_i^t) + \beta_i^t f_i(x, y) \rightarrow \max, \text{ по } y_i^t \in Y_i^t(x_i^t, y_i^{t-1}), t \in P_i, i \in \overline{n}, \quad (I5)$$

где β_i^t коэффициент дисконтирования $\frac{1}{T} \leq \beta_i^t \leq 1$, который показывает, как учитывает элемент в t -м периоде стимул за выполнение конечного плана.

Анализируются возможные ситуации выполнения плана \mathcal{X} , при наличии стимулирования по каждому отдельному периоду, либо по конечному результату, либо их совместной комбинации. Показывается преимущество совместного применения обоих контуров управления. Внутренний контур обеспечивает ритмичность, т.е. заинтересованность элементов в выполнении плановой траектории в каждом периоде. Внешний контур заинтересовывает элементы в выполнении конечного плана, в том числе даже при "сбоях" в процессе функционирования.

В работе построены условия на функции стимулирования во внешнем и внутреннем контурах и на их соотношение, обеспечивающее реализацию цели $L^4(\mathcal{X})$. Последнее имеет вид:

$$\forall y_i^t \in Y_i^t(x_i^{t-1}), y_i^t \geq x_i^t; \\ f_i(x, \mathcal{X}) \geq \frac{1}{\beta_i^t} [f_i^t(x_i^t, y_i^t) - f_i^t(x_i^t, y_i^{t-1})], \quad t \in P_i, i \in \overline{n}, \quad (I6)$$

а также показана возможность конструктивного выполнения условия (I6).

Глава 4. В § 4.1 приводится краткое описание методики проектирования и настройки комплексных оценок результатов деятельности и стимулирования производственных коллективов, возшедшей в подготовленный Институтом проблем управления и утвержденный Главным научно-

техническим управлением Минприбора ССР, комплекс материалов "Методические основы проектирования комплексной оценки результатов деятельности и стимулирования предприятий".

В §§ 4.2 и 4.3 рассматривается применение результатов работы при подготовке раздела методики, связанного с проектированием механизмов оценки деятельности и стимулирования в системах с динамикой. Разработаны основные этапы проектирования механизмов оценки деятельности в системах с динамикой при программном и скользящем режимах принятия решений центра. Описаны особенности проведения работ по сравнению со статической моделью. Рассматривается важный, с точки зрения применения, класс функций стимулирования:

$$f_i^t(x_i^t, y_i^t) = \tilde{\omega}_i^t(x_i^t, y_i^t) + \varphi_i^t(x_i^t, y_i^t), \quad \text{где } \varphi_i^t(x_i^t, y_i^t) \text{ фиксированная в условиях задачи компонента функции стимулирования,} \\ \tilde{\omega}_i^t(x_i^t, y_i^t) = \sum_{j=1}^m K_{ij}^t(x_{ij}^t, y_{ij}^t) \text{ изменяемая компонента функции стимулирования, } K_{ij}^t(x_{ij}^t, y_{ij}^t) \text{ } j-\text{й показатель оценки деятельности, определенный как функция плана } x_{ij}^t \text{ и состояния } y_{ij}^t \text{ по } j-\text{ой компоненте в периоде } t, j \in \overline{m}, i \in \overline{I} - \text{ номер элемента.}$$

Задача состоит в такой настройке изменяющейся части путем настройки показателей оценки деятельности $K_{ij}^t(x_{ij}^t, y_{ij}^t)$, чтобы обеспечить реализацию заданных типовых целей. Из полученных в З главе достаточных условий на $f_i^t(x_i^t, y_i^t)$ следуют достаточные условия на локальные показатели оценки деятельности, обеспечивающие реализацию целей $L^2 - L^3$, при наличии оценок на величину изменения фиксированной компоненты.

В § 4.4 рассматривается применение результатов в работах, которые Институт проблем управления и Казахский политехнический институт вели на Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинате имени В.И. Ленина по разработке автоматизированной системы оперативного согласованного управления агломерационным цехом. Структур-

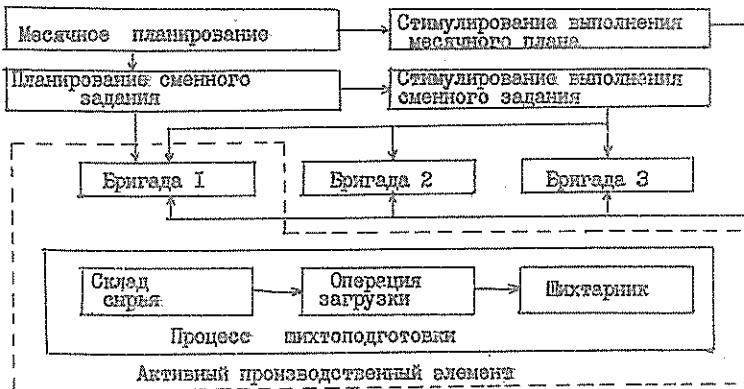


Рис. 7.

ная схема разработанной системы иллюстрируется на рис. 7. В составе первой очереди системы был разработан первый контур оперативного управления по сменам (месячное планирование, сменное планирование, сменная оценка деятельности и стимулирование бригад), (Б.А. Джапаров, А.В. Цветков, И.К. Шангитбаев и др.). Далее система направлялась путем добавления внешнего контура управления – оценка деятельности и стимулирование за выполнение месячного задания. В этой разработке использовались результаты второй и третьей глав диссертационной работы.

Система стимулирования бригад с учетом внешнего контура стимулирования имеет вид:

$$W_i = \sum_{t \in P_i} \left(\sum_{j \in J} \lambda_j y_{ij}^t + \begin{cases} S_0, & y_i^t \geq x_i^t \\ 0, & y_i^t < x_i^t \end{cases} \right) + \begin{cases} x_i, & y = x \\ 0, & y \neq x \end{cases}, \quad (17)$$

где y_{ij}^t – объем загрузки j -го концентратата шихты i –м подразделением в t -ой смене, λ_j – стоимость загрузки j -го концентратата, $\sum_{j \in J} \lambda_j y_{ij}^t$ – сделанная часть заработка i -ой бригады, вторая компонента – премия за выполнение сменного задания x_i^t / x_{ij}^t .

третья компонента – премия за выполнение месячного задания S_0 . Первая и вторая компоненты соответствуют первому контуру, третья – второму. Схема рассмотрения и результат § 3.3 позволяют обосновать целесообразность применения второго контура, а применение условия (I6) позволяет выписать следующие соотношения параметров первого и второго контуров стимулирования:

$$\forall y_i^t \in Y_i^t (y_i^{t-1}); y_i^t \geq x_i^t; \quad (18)$$

$$\alpha_i^t \geq \frac{1}{\beta_i^t} \left[\sum_{j \in J} \lambda_j (x_{ij}^t - y_{ij}^t) + \beta_0 \right], t \in P_i, i \in I, n.$$

Учет фактора динамики приводит к трансформации сменной процедуры согласованного планирования к скользящей процедуре согласованного планирования, а использование результатов 2-ой главы показывает, что использование функции стимулирования (I7) не противоречит условиям оптимальности процедур согласованного планирования, более того, имеется возможность сохранить функцию премирования $\int S_0, y_i^t \geq x_i^t$ выбранную ранее при разработке первой очереди системы с одним контуром управления.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Расширен состав моделей функционирования двухуровневых социально-экономических систем с динамикой множества возможных состояний элементов в направлении охвата характерных вариантов программируемых и скользящих режимов принятия решений на верхнем и нижнем уровне. На этой основе сформирован базовый комплекс моделей функционирования двухуровневых активных систем с динамикой множества возможных состояний активных элементов.

2. Для базового комплекса моделей сформулированы задачи согласованной оптимизации; получены необходимые и достаточные условия оптимальности согласованных механизмов функционирования, построены

допускающие конструктивную проверку и практическое применение соответствующие им достаточные условия.

3. Для базового комплекса моделей сформулированы задачи локального (попериодного) согласования, когда требуется обеспечить заинтересованность активных элементов в реализации заданного соотношения между планом и его реализацией в каждом периоде функционирования; построены достаточные условия реализации таких целей согласования.

4. Для каждого, с практической точки зрения, варианта двухуровневой системы с цепочкой последовательных элементов (соответствием специальному виду системы с динамикой множества возможных состояний), сформулирована задача глобального согласования, когда требуется обеспечить заинтересованность активных элементов в точном выполнении плана в конце планового периода. Для реализации такой цели предложен механизм с двумя контурами управления (с характерными временами срабатывания один и несколько периодов функционирования), показаны преимущества применения такого механизма по сравнению с одноконтурным механизмом, получены условия, обеспечивающие совместную настройку двух контуров управления при реализации поставленной цели.

5. Разработанные в диссертации методы реализованы в виде "Методических основ проектирования комплексной оценки результатов деятельности и стимулирования предприятий", а также при разработке второй очереди автоматизированной системы оперативного согласованного управления агломерационным цехом Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината имени В.И. Ленина, в ходе исследований к первому контуру оперативного управления (месячное планирование, изменное планирование, сменная оценка деятельности и стимулирование) был добавлен второй контур оперативного согласованного управления (оценка деятельности и стимулирование по результатам месяца).

Экономический эффект от внедрения системы в промышленную эксплуатацию составил 208100 руб.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Жвания В.В. К вопросу получения достаточных условий оптимальности правильных механизмов функционирования в динамических активных системах. - АИГ, 1986 г., № 2.
2. Жвания В.В. Задача согласования в активных системах с динамикой модели ограничений. - В кн.: Тезисы докладов X Всесоюзного совещания-семинара "Управление иерархическими активными системами". Тбилиси: Мецниереба, 1986 г.
3. Жвания В.В., Хабелашвили Д.И. Скользящее двухконтурное согласованное управление в активных системах с динамикой модели ограничений. - В кн. Тезисы докладов X Всесоюзного сов.-семинара "Управление иерархическими активными системами". Тбилиси: Мецниереба, 1986 г.
4. Жвания В.В. Оптимальный синтез систем стимулирования в активных системах с динамикой модели ограничений. - В кн. "Планирование, оценка деятельности и стимулирование в активных системах". М.: ИШУ, 1985 г.
5. Горгидзе И.А., Жвания В.В., Кондратьев В.В., Щепкин А.В. Правильное согласованное планирование в активных системах с динамикой модели ограничений. - В кн. "Планирование, оценка деятельности и стимулирование в активных системах". - М.: ИШУ, 1985 г.
6. Бурков В.Н., Горгидзе И.А., Жвания В.В., Кондратьев В.В. Условия оптимальности скользящих согласованных управлений в активных системах. Сообщения АН ГССР. - 1985 г., т. II7, № 1.
7. Бурков В.Н., Горгидзе И.А., Жвания В.В., Кондратьев В.В. Теорема оптимальности программных согласованных управлений в активных системах. Сообщения АН ГССР. - 1984 г., т. II6, № 3.

Жвания

A-94800 от 24.04.87. Заказ 147. Тираж 100.
Институт проблем управления,
117806, Москва ГСП-7, Профсоюзная, 65