

Министерство приборостроения,
средств автоматизации и
систем управления СССР

Академия наук
СССР

Ордена Ленина Институт Проблем Управления
(автоматики и телемеханики)

На правах рукописи

ЦВЕТКОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ

УДК 65.012

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СОГЛАСОВАННОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И ИХ
ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

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

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

МОСКВА - 1987

Работа выполнена в орден Ленина Института проблем управления (автоматики и телемеханики).

Научный руководитель — доктор технических наук, старший научный сотрудник Кондратьев В. В.

Официальные оппоненты — доктор технических наук
Березовский Б. А.

— кандидат физико-математических наук
Давыльченко Т. Н.

Ведущая организация — Вычислительный центр АН СССР

Защита состоится " _____ " _____ 1987 г. в 14.00 час.
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
Л. Т. Н., к. ф. -м. н.

В. Кондратьев

Кондратьев В. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В современных условиях решение узловых задач народного хозяйства во многом зависит от того, насколько применяемые системы и методы управления согласуются с новыми требованиями развития производительных сил, ускорения научно-технического прогресса и постоянного повышения эффективности производства. Актуальность совершенствования управления в народном хозяйстве определяется программными документами Партии и Правительства.

Разработка систем управления, применяемых в организационных системах, проводится, как правило, с использованием моделей и методов ряда разделов современной теории управления, например, таких как: управление в социальных и экономических системах, управление социалистическим производством, управление в технических системах, исследование операций и др. Это объясняется сложностью, комплексностью этих систем, необходимостью учета при их функционировании существенных особенностей, связанных с присутствием человека в контуре управления (необходимостью учета "человеческого фактора"), а также необходимостью решения такой важной проблемы, как проблема согласования общественных, коллективных и личных интересов. Поэтому исследование и разработка методов управления активными системами (системами, в которых свойствами целеполагания и целенаправленных действий обладают и управляющая подсистема — центр и управляемые подсистемы — активные элементы) проводится на стыках разделов современной теории управления, а методов согласованной оптимизации — на стыке двух разделов: управление в социальных и экономических системах и управление в технических системах.

Современные исследования, посвященные разработке математических моделей и методов управления в активных системах, в значитель-

ной мере группируются вокруг трех основных направлений - информационной теории иерархических систем, теории выбора и принятия решений и теории активных систем. Развитие методов согласования интересов в рамках этих направлений позволило установить, что во многих практически важных случаях оптимальными являются такие механизмы функционирования (наборы правил, процедур, функций, ограничений и т.п., регламентирующие действия элементов системы в процессе функционирования) организационных систем, которые основаны на идее согласования интересов.

В теории активных систем для решения задачи согласования интересов широко применяются методы согласованной оптимизации - методы анализа и синтеза оптимальных согласованных механизмов функционирования активных систем. Под оптимальными согласованными механизмами функционирования понимаются механизмы, оптимальные на предъявленном множестве допустимых механизмов и обеспечивающие выполнение заданного условия согласования. В данной работе в качестве условия согласования применяется условие согласованного выбора. При выполнении этого условия активные элементы заинтересованы в реализации заданного предпочтительного соотношения между показателями управления (показателями плана, показателями пределов перевыполнения плана и т.п.) и показателями состояния (заинтересованы в реализации заданной цели согласования).

Практически любая организационная система функционирует в условиях неопределенности. В то же время применение методов согласованной оптимизации, разработанных для случая полной информированности центра, в условиях неопределенности либо не всегда возможно, либо приводит к значительному снижению эффективности функционирования систем. Поэтому актуальными являются как обобщение на случай неопределенности известных методов согласованной опти-

мизации, разработанных для случая полной информированности центра, так и разработка новых методов, применение которых обеспечивает сравнительно более высокую эффективность функционирования систем в условиях неопределенности.

Целью работы является разработка и исследование методов согласованной оптимизации в двухуровневых активных системах в условиях неопределенности и применение полученных результатов при разработке и настройке согласованных процедур планирования, оценки деятельности и стимулирования, используемых в системах оперативного управления на объектах народного хозяйства.

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

1. Выделение и постановка задачи согласованной оптимизации в условиях неопределенности - задачи исследования свойств и построения оптимальных согласованных механизмов функционирования двухуровневых активных систем в условиях неопределенности целей системы и активных элементов и неопределенности возможностей активных элементов.

2. Исследование и разработка методов решения ряда частных, характерных для практики организационного управления случаев задачи согласованной оптимизации в условиях неопределенности.

3. Разработка, апробация и внедрение применений методов согласованной оптимизации в условиях неопределенности в системах оперативного управления на объектах народного хозяйства.

Методы исследования базируются на использовании методологии теории управления в социальных и экономических системах, аппарата теории управления в технических системах, теории активных систем, теории выбора и принятия решений.

Связь с планом. Разработки и исследования по теме диссертации

ционной работы проводились в соответствии с координационным планом научных исследований по естественным и общественным наукам, утвержденным Президиумом АН СССР по разделу I.12.8.4, в рамках тем "Эффект-3" (1981-1983 гг., № гос.регистрации 810 7343), "Эффект-наука" (1984-1986 гг., № гос.регистрации 84 445455), "Эффект-соревнование" (1984-1986 гг., № гос.регистрации ОI.84.004 030I), II-83/57 (1983-1985 гг., № гос.регистрации ОI.83.0 0552176) и II-86/57 "Согласованная оптимизация" (1986-н/вр.).

Научная новизна работы. Постановка, исследование и построение ориентированных на применение в практике организационного управления решений задачи согласованной оптимизации в условиях неопределенности являются новыми результатами.

Предложен подход к решению задачи согласованной оптимизации, в соответствии с которым ее решение сводится к последовательному решению трех более простых задач - задачи согласования, задачи оптимизации и задачи существования. Разработаны методы решения этих задач.

Получены ориентированные на применение в практике организационного управления решения задачи согласованной оптимизации в условиях неопределенности для согласованных по выполнению плана механизмов функционирования, что является обобщением полученных ранее для случая полной информированности центра решений.

Практическая ценность работы. Прикладные применения разработанных в работе методов согласованной оптимизации в условиях неопределенности ориентированы на построение и настройку компонент систем оперативного управления (процедур планирования, оценки деятельности и стимулирования), обеспечивающих реализацию оптимального режима функционирования активной системы и одновременно выполнение заданного предпочтительного соотношения между показа-

телями управления и показателями состояния (реализацию заданной цели согласования). Подобные задачи приходится решать при проектировании комплексных систем управления эффективностью и качеством работ НИИ и КБ, автоматизированных систем оперативного управления производством и др.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы, связанные с построением и настройкой процедур оценки деятельности и стимулирования в условиях неопределенности, использовались при разработке утвержденных в Минприборе отраслевых нормативно-методических материалов, посвященных: 1) общим принципам и методике проектирования механизмов функционирования организационных систем в рамках темы №II-83/57; 2) методическим основам проектирования комплексной оценки результатов деятельности и стимулирования производственных подразделений в рамках отраслевой темы "Эффект" и темы №II-86/57.

Результаты диссертационной работы, связанные с построением и настройкой оптимальных согласованных механизмов оценки деятельности и стимулирования в условиях неопределенности, использовались при разработке и внедрении системы оперативного согласованного управления основным производством агломерационного цеха в ходе работ, проводимых Институтом проблем управления (автоматики и телемеханики) совместно с Казахским политехническим институтом им. В.И.Ленина и Усть-Каменогорским свинцово-цинковым комбинатом им. В.И.Ленина по теме №1916 "На базе теории активных систем разработка и внедрение механизмов оперативного согласованного управления промышленных предприятий массового производства непрерывно-дискретного типа". Система оперативного согласованного управления прошла опытно-промышленные испытания и принята на Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинате в эксплуатацию. Фактический эко-

номический эффект от эксплуатации системы с 1984 г. по 1986 г. составил 208100 (двести восемь тысяч сто) рублей.

Личный вклад. Все основные результаты работы получены автором.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на: VII Международной конференции по теории систем (1981 - ПНР); I Всесоюзной научно-технической конференции "Синтез и проектирование многоуровневых систем управления" (1982 - Барнаул); IX Всесоюзном совещании по проблемам управления (1983 - Ереван); XXIX и XXX конференциях молодых ученых Института проблем управления (автоматики и телемеханики) (1983, 1984); VII Всесоюзном семинаре-совещании "Управление большими системами" (1983 - Алма-Ата); VI конференция молодых ученых Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований (1984); конкурсах лучших работ Института проблем управления (автоматики и телемеханики) (1982, 1983); межвузовском научно-техническом семинаре "Автоматизация научных исследований по совершенствованию хозяйственных механизмов" (1984 - Калинин); Всесоюзной научной конференции "Декомпозиция и координация в сложных системах" (1986 - Челябинск); X Всесоюзном совещании по проблемам управления (1986 - Алма-Ата); X Всесоюзном совещании-семинаре "Управление иерархическими активными системами" (1986 - Тбилиси).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и содержит 226 стр., в том числе: 148 стр. машинописного текста, 30 рис., 9 табл., 12 стр. машинописного текста по списку использованной литературы, включающему III наименований. Приложение I к диссертационной работе содержит II стр. машинописного текста и представляет собой материал обзорного характера. Приложение II содержит акты и

справки о внедрении результатов диссертационной работы на объектах народного хозяйства.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цели работы и ее основные задачи, приводятся основные результаты, описывается структура и дается краткое изложение диссертации.

В первой главе делается краткий обзор (более подробный приведен в приложении I) и вводятся понятия теории активных систем, связанные с описанием функционирования активных систем в условиях неопределенности и с постановкой задач анализа и синтеза механизмов функционирования активных систем в условиях неопределенности.

В §1.1 приводится описание базовой модели активной системы. Эта модель характеризуется двухуровневой, детерминированной, статической структурой, независимостью активных элементов, полной информированностью центра о возможностях активных элементов, о целях активных элементов и системы. В этом параграфе приводятся также основные процедуры планирования, сформулированные в теории активных систем для случая полной информированности центра.

В §1.2 приводится описание модели функционирования активной системы в условиях неопределенности двух типов - неопределенности возможностей активных элементов и неопределенности целей активных элементов и системы. Описание модели составляют следующие понятия: структурная схема, содержащая блоки центра, n активных элементов и внешней среды; $\omega = \{\omega_i | i = \overline{1, n}\} \in \Omega = \prod_{i=\overline{1, n}} \Omega_i$ - неопределенный параметр системы и множество его возможных значений;

$y = \{y_{ij} | i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}\} \in Y(\omega) = \prod_{i=\overline{1, n}} Y_i(\omega_i) \in R_m$ - состояние и множество возможных состояний при неопределенном параметре ω , где R_m - m -мерное пространство, $m = \sum_{i=\overline{1, n}} m_i$; $x = \{x_{ij} | i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}\} \in X \subseteq \prod_{i=\overline{1, n}} X_i \in R_m$ - план и множество допустимых планов;

$\Delta x = \{\Delta x_{ij} | i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}\} \in \Delta X \subseteq \prod_{i=1, n} \Delta X_i \subseteq \mathbb{R}_m^+$ - пределы
 перевыполнения плана и множество допустимых пределов перевыполне-
 ния плана, где \mathbb{R}_m^+ - неотрицательный ортант m -мерного прос-
 транства \mathbb{R}_m ; $u = \{u_i | i = \overline{1, n}\} \in \mathcal{U} \subseteq \prod_{i=1, n} \mathcal{U}_i$ - управление и
 множество допустимых управлений (управление i -го активного эле-
 мента u_i , $i = \overline{1, n}$, может включать план X_i , пределы перевы-
 полнения плана Δx_i и другие показатели управления или управляю-
 щие воздействия); $f_0 = f_0(u, y, \omega)$ - целевая функция системы;
 $f = \{f_i(u_i, y_i, \omega_i) | i = \overline{1, n}\}$ - целевые функции активных элементов
 (система стимулирования активных элементов); \mathcal{K} - процедура
 формирования управления $u^x \in \mathcal{U}$ (процедура планирования и уп-
 равления); C - процедура выбора согласованных состояний,
 $C(u; Y(\omega)) = \prod_{i=1, n} C_i(u_i; Y_i(\omega_i)) \subseteq \prod_{i=1, n} Y_i(\omega_i)$ для любых $\omega \in \Omega$,
 $u \in \mathcal{U}$; $\sum = (f_0, f, \mathcal{K}, C) \in G_x \subseteq V_x$ - механизм функцио-
 нирования активной системы, предъявленное множество допустимых меха-
 низмов функционирования и множество всех допустимых механизмов
 функционирования, $V_x = V_{f_0} \times V_f \times V_{\mathcal{K}} \times V_C$, где, например,
 $V_x = \{\mathcal{K} | u^x \in \mathcal{U}\}$ - множество всех допустимых процедур пла-
 нирования и управления \mathcal{K} .

Наличие факторов неопределенности учитывается в виде зависи-
 мости от неопределенного параметра ω целевой функции системы
 (неопределенность целей системы), целевых функций активных элемен-
 тов (неопределенность целей активных элементов) и множества воз-
 можных состояний (неопределенность возможностей активных элементов).

Основное предположение о характере действий центра и активных
 элементов заключается в том, что центр выбирает механизм функцио-
 нирования, а элементы - свои состояния в рамках заданных ограни-
 чений, стремясь максимизировать значения целевых функций f_0 и
 f_i , $i = \overline{1, n}$, соответственно.

В §1.3 вводятся понятия, необходимые для проведения анализа
 и синтеза согласованных механизмов функционирования в условиях
 неопределенности. Это следующие понятия: множество локально-опти-
 мальных состояний независимых элементов $P(f, u, \omega) = \prod_{i=1, n} P_i(f_i, u_i, \omega_i) =$
 $= \prod_{i=1, n} \{y_i \in Y_i(\omega_i) | f_i(u_i, y_i, \omega_i) \geq f_i(u_i, y_i', \omega_i), y_i' \in Y_i(\omega_i)\}$; ;
 множество решений игры независимых активных элементов в предполо-
 жении об их локально-оптимальном и благожелательном по отношению
 к центру поведении $R(C, f, u, \omega) = \{y | y = P(f, u, \omega) \cap C(u; Y(\omega)),$
 если $P(f, u, \omega) \cap C(u; Y(\omega)) \neq \emptyset$, иначе $y \in P(f, u, \omega)\}$; ;
 критерий эффективности механизма функционирования $\Sigma - \mathcal{K}(\Sigma) =$
 $= \min f_0(u^x, y, \omega)$ по $y \in R(C, f, u, \omega)$, $\omega \in \Omega$; функция вы-
 бора центра $\Phi : \Phi(G_x) = \{\Sigma \in G_x | \mathcal{K}(\Sigma) \geq \mathcal{K}(\Sigma'), \Sigma' \in G_x\}$ для любого
 $G_x \subseteq V_x$; множество согласованных механизмов функционирования
 $S_x = \{\Sigma \in V_x | P(f, u^x, \omega) \cap C(u^x; Y(\omega)) \neq \emptyset, \omega \in \Omega\}$, определяемое
 с помощью условия согласованного выбора - $P(f, u^x, \omega) \cap C(u^x; Y(\omega)) \neq \emptyset$
 для любого $\omega \in \Omega$; множество S -согласованных управлений (в
 случае S -ой цели согласования) $\mathcal{U}^{CS}(f, \Omega) = \{u | \varphi_i^{CS}(f_i, u_i, y_i, \omega_i) \geq 0,$
 $i = \overline{1, n}, y_i \in Y_i(\omega_i), \omega_i \in \Omega_i\}$, где
 $\varphi_i^{CS}(f_i, u_i, y_i, \omega_i) = \max_{y_i' \in C_i(u_i; Y_i(\omega_i))} f_i(u_i, y_i', \omega_i) - f_i(u_i, y_i, \omega_i)$.

В §1.4, исходя из проведенного анализа, описываются формально-
 математические постановки задач диссертационной работы.

Задача согласованной оптимизации в условиях неопределенности -
 задача исследования свойств и построения ориентированных на при-
 менение в практике организационного управления механизмов функцио-
 нирования $\Sigma \in H_x$, оптимальных ($\Sigma \in \Phi(G_x)$) и согласо-

*/ В квадратных скобках [·], вынесенных в качестве верхнего
 индекса, будем помещать условное обозначение или целочисленный
 индекс соответствующей цели согласования.

ванных ($\Sigma \in G_x NS_x$) на предъявленном множестве допустимых механизмов функционирования $G_x \subseteq V_x$ в условиях неопределенности: $H_x = \Phi(G_x)NS_x \neq \emptyset$.

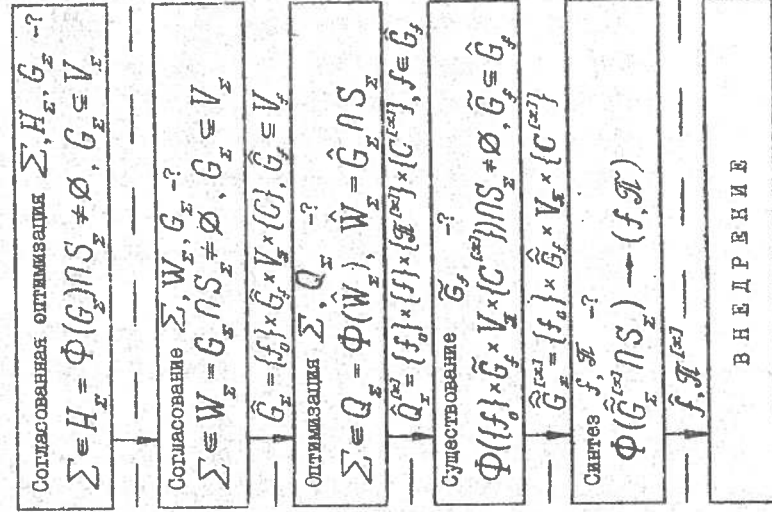
В этом параграфе описываются также постановки задачи согласования в условиях неопределенности и задачи оптимизации в условиях неопределенности. Задачи согласования и оптимизации могут быть получены из задачи согласованной оптимизации при снятии требований оптимальности или согласованности механизмов, соответственно.

Предлагается подход к решению задачи согласованной оптимизации. Блок-схема реализации этого подхода представлена на рис. I. Стрелки характеризуют последовательность решения задач. Знаком " \wedge " обозначены переменные, определяемые в процессе решения задач. В правой части рисунка дается краткая характеристика задач с разбивкой по параграфам диссертационной работы.

Во второй главе рассматриваются свойства решений задачи согласованной оптимизации, разрабатываются методы решения этой задачи в ее частных вариантах - задач оптимизации и согласования.

В §2.1 рассматриваются свойства решений задачи согласованной оптимизации. Разрабатывается и обосновывается подход к решению этой задачи (представленный в виде блок-схемы на рис. I), в соответствии с которым решение задачи согласованной оптимизации сводится к последовательному решению трех более простых задач: задачи согласования, задачи оптимизации и задаче существования.

В §2.2 рассматривается способ построения необходимых и достаточных условий и конструктивных достаточных условий согласованности механизмов функционирования, т.е. определяются предъявления множества $G_x \subseteq V_x$, при которых $G_x NS_x \neq \emptyset$. Описание таких множеств входит в решение задачи согласования и означает определение условий существования решений этой задачи.



Свойства решений задачи согласованной оптимизации (§§2.1, 2.3, 2.5, 2.6, 3.2). Обоснование подхода к решению задачи (§2.1). Возможные обобщения постановки задачи (§§2.1, 2.6).

Построение конструктивных достаточных условий согласованности механизмов функционирования (§§2.2, 2.3). Построение и настройка согласованных систем стимулирования (§§2.3, 3.1). Построение множества согласованных управлений с помощью оценочных множеств более общей структуры (§2.4).

Решения задачи оптимизации к задачам оптимизации по изменению: компонентам механизма функционирования (§2.1). Построение оптимальных процедур планирования и управления (§3.2). Свойства решений задачи оптимизации (§§2.1, 2.5, 2.6, 3.2).

Представление необходимых и достаточных условий оптимальности и построение конструктивных необходимых и конструктивных достаточных условий оптимальности согласованных по выделенной плану механизмов функционирования (§§3.3, 3.4, 3.5).

Синтез оптимальных согласованных по выделенному плану систем стимулирования и процедур планирования (§§3.2, 3.4, 3.5).

Построение и настройка согласованных процедур оценки деятельности и стимулирования (§§4.1, 4.2). Построение и настройка согласованных механизмов оперативного управления ДПО (§§4.3, 4.4, 4.5, 4.6).

Рис. I

Следствие 2.2.1. Пусть $G_x^{csj} = \{f_0\} \times G_x \times V_x \times \{C^{csj}\}$, где

$G_x \in V_x$, тогда в задаче согласования условие
 1) $G_x^{csj} \cap S_x \neq \emptyset$ выполняется тогда и только тогда, когда

- выполняется любое из следующих условий:
 2) $\exists f \in G_x : \mathcal{U} \cap \mathcal{U}^{csj}(f, \Omega) \neq \emptyset$;
 3) $\exists f \in G_x, u \in \mathcal{U} : \forall \omega \in \Omega : \exists y \in C^{csj}(u; Y(\omega)) : \forall y' \in Y(\omega), i = \overline{1, n} : f_i(u_i, y_i, \omega_i) \geq f_i(u_i, y'_i, \omega_i)$.

В §2.3 определяются характерные операции преобразования процедур выбора согласованных состояний. В частности, в случае двух целей согласования S и Q определяются операции объединения, пересечения и суперпозиции, имеющие условные обозначения $S \vee Q$, $S \wedge Q$ и $S * Q$, соответственно.

Приводится набор процедур выбора согласованных состояний для целей согласования, часто встречающихся в практике организационного управления. Некоторые из них представлены в таблице, где используются следующие обозначения: $\text{Max}(Y(\omega)) = \{y \in Y(\omega) | \exists z \in Y(\omega) : \exists i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m} : z_j > y_j, z_i > y_i\}$ - множество Парето-оптимальных состояний из множества $Y(\omega)$; $z > y$ означает $z_j > y_j, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$; $[x; x + \Delta x] = \{y | x < y < x + \Delta x\}$ конусный отрезок с вершинами x и $x + \Delta x$; $L(u) = \prod_{i=\overline{1, n}} L_i(u_i) \in R_m$ заданное множество состояний, зависящее от управления u .

Ранее в теории активных систем рассматривались цели согласования x , $> x$, P и $> x \wedge P$. Остальные цели (из приведенных в таблице) рассматриваются впервые.

На основе условия 3 следствия 2.2.1 получены достаточные условия реализации целей согласования $L(u)$ и $L(u) * P$ для целевых функций активных элементов, представимых в виде $f_i(u_i, y_i, \omega_i) = h_i(y_i, \omega_i) + \gamma_i(u_i, y_i), i = \overline{1, n}$.

Теорема 2.3.3. Для реализации цели согласования $L(u) * P$ при

Таблица

Название цели согласования	Условные обозначения	Процедура выбора согласованных состояний
Выполнение плана	x	$C^{[x]}(x; Y(\omega)) = \{y \in Y(\omega) y = x\}, \omega \in \Omega$
Выполнение и перевыполнение плана	$\geq x$	$C^{[x \geq x]}(x; Y(\omega)) = \{y \in Y(\omega) y \geq x\}, \omega \in \Omega$
Выполнение и перевыполнение плана с выходом на Парето-оптимальную границу множества возможных состояний	$\geq x \wedge P$	$C^{[x \wedge P]}(x; Y(\omega)) = \{y \in \text{Max}(Y(\omega)) y \geq x\}, \omega \in \Omega$
Выполнение и перевыполнение плана в заданных пределах	Δx	$C^{[\Delta x]}(x, \Delta x; Y(\omega)) = \{y \in Y(\omega) y \in [x, x + \Delta x]\}, \omega \in \Omega$
Выполнение и перевыполнение плана в заданных пределах с выходом на Парето-оптимальную границу множества возможных состояний	$\Delta x * P$	$C^{[\Delta x * P]}(x, \Delta x; Y(\omega)) = \text{Max}(Y(\omega) \cap [x, x + \Delta x]), \omega \in \Omega$
Лопатание в заданную область	$L(u)$	$C^{[L(u)]}(u; Y(\omega)) = \{y \in Y(\omega) y \in L(u)\}, \omega \in \Omega$
Лопатание в заданную область с выходом на Парето-оптимальную границу множества возможных состояний	$L(u) * P$	$C^{[L(u) * P]}(u; Y(\omega)) = \text{Max}(Y(\omega) \cap L(u)), \omega \in \Omega$
Выход на Парето-оптимальную границу множества возможных состояний	P	$C^{[P]}(Y(\omega)) = \text{Max}(Y(\omega)), \omega \in \Omega$

любом управлении $u \in \tilde{U} \subseteq U$ достаточно, чтобы выполнялось условие: $\forall u \in \tilde{U} \subseteq \{x | L(x) \cap Y(\omega) \neq \emptyset, \omega \in \Omega\}$, $y' \in Y^{max}(\Omega) \setminus L(u)$, $y \in Y^{max}(\Omega) \cap L(u)$, $i=1, n, j=1, m$: $\gamma_i(u, y_i) - \gamma_i(u, y_i') \geq \delta_i(u, \Omega_i)$, $\frac{\partial \gamma_i(u, y_i)}{\partial y_{ij}} \geq \tilde{\delta}_i(u, \Omega_i)$,

где $\delta_i(u, \Omega_i)$ и $\tilde{\delta}_i(u, \Omega_i)$ оценки предельного приращения и предельной скорости убывания фиксированной компоненты h_i на множествах Ω_i , $Y_i(\omega) \cap L_i(u)$, соответственно; $Y^{max}(\Omega) = \bigcup_{\omega \in \Omega} Y(\omega)$ - множество всех возможных состояний.

Увеличение неопределенности (расширение множества Ω) приводит, вообще говоря, к увеличению значений оценок $\delta_i(u, \Omega_i)$ и $\tilde{\delta}_i(u, \Omega_i)$, $i=1, n$.

На основе результатов теоремы 2.3.3 разработан способ настройки изменяемой компоненты γ , отличающийся от предложенных ранее в работах Андреева С.П., Кондратьева В.В., Черкашина А.М. и др. способов тем, что позволяет производить настройку для более сложных целей согласования при более сильных ограничениях на параметры системы стимулирования активных элементов.

В §2.4 исследуются свойства и рассматриваются способы построения множеств согласованных управлений с помощью множеств более простой структуры. Пусть имеется $N+1$ целевая функция i -го активного элемента $f_i^s = f_i^s(u, y, \omega)$, $s=0, N$, $i=1, n$.

Теорема 2.4.1. Пусть существует такое множество $\tilde{U} \subseteq U$, что для целей согласования S и g , системы стимулирования f^s и f^g и для любых $u \in \tilde{U}$, $y \in Y(\omega)$, $\omega \in \Omega$ выполняются неравенства $\varphi_i^{(g)}(f_i^g, u, y, \omega) \geq \varphi_i^{(s)}(f_i^s, u, y, \omega)$, тогда $\tilde{U} \cap \tilde{U}^{(g)}(f^g, \Omega) = \tilde{U} \cap \tilde{U}^{(s)}(f^s, \Omega)$, причем эти множества совпадают, если неравенства переходят в равенства.

В §2.5 понятие степень централизация механизма функционирования, введенное ранее для случая полной информированности центра и

цели согласования X ; обобщается на случай неопределенности и произвольных целей согласования.

В §2.6 проводится обобщение постановки задачи согласованной оптимизации на случай векторных целевых функций системы и активных элементов. Рассматриваются свойства решений обобщенной задачи и условия, при которых возможна ее редукция к задаче согласованной оптимизации в скалярной постановке.

В третьей главе проводится построение ориентированных на применение в практике организационного управления оптимальных согласованных механизмов функционирования в условиях неопределенности.

В §3.1 на основе результатов теоремы 2.4.1 рассматриваются способы построения согласованных систем стимулирования для множеств согласованных состояний, представимых в виде объединения или пересечения "более простых" множеств согласованных состояний.

В §3.2 в рамках решения задачи оптимизации проводится построение оптимальных согласованных процедур планирования и управления. В частности, обобщается на случай неопределенности процедура оптимального X -согласованного (согласованного по выполнению плана) планирования $\mathcal{P}^{(x)}$: $\min_{\omega \in \Omega} f_0(x, x, \omega) = \max_{x \in X \cap X^{(x)}(f, \Omega)}$, где $X^{(x)}(f, \Omega) = \{x | x \in P(f, x, \omega), \omega \in \Omega\}$ - множество x -согласованных планов.

В §3.3 для решения задачи существования определяются необходимые и достаточные и конструктивные необходимые условия оптимальности x -согласованных механизмов функционирования с изменяемыми процедурами планирования \mathcal{P} в системе стимулирования f .

В §3.4 проводится построение решений задачи согласованной оптимизации для x -согласованных механизмов функционирования с изменяемыми \mathcal{P} и f . С помощью условий согласованной оптимальности, полученных в §3.3, сначала определяется ряд вспомогательных

множеств предъявлений $G_x \subseteq V_x$, для которых (для них самих или для их пересечений) существует решение задачи согласованной оптимизации. Например, $\{G_x^{(i)}\} = \{G_x \subseteq V_x \mid \forall \Sigma \in G_x, \omega \in \Omega, y \in Y(\omega), f_0(y, y, \omega) \geq f_0(x, y, \omega)\}$ - предъявления множества допустимых механизмов функционирования $G_x \subseteq V_x$, при которых система несет потери из-за неопределенности реализуемого активными элементами состояния с планом. А затем на этих множествах строятся решения задачи согласованной оптимизации.

В §3.5 на основе решений, полученных в §3.4, проводится построение ориентированных на применение в практике организационного управления оптимальных согласованных функций штрафов за невыполнение плана. Пусть целевые функции активных элементов представимы в виде: $f_i(x_i, y_i, \omega_i) = h_i(y_i, \omega_i) - \chi_i(x_i, y_i)$, $i = \overline{1, n}$, где $\chi_i(x_i, y_i) = h_i(y_i, \omega_i) - f_i(x_i, y_i, \omega_i)$ - функции штрафов за невыполнение для i -ым элементом; $h_i(y_i, \omega_i) = f_i(y_i, y_i, \omega_i)$, $i = \overline{1, n}$. Кроме того предположим, что $G_x = (\{h\} \times G_x) \subseteq V_x$, т.е. в системе стимулирования изменяемыми являются только функции штрафов χ .

Следствие 3.5.1. Пусть $G_x^{i, \chi} = (\{f_0\} \times \{h\} \times G_x \times V_x) \in \{G_x^{(i)}\}$, существует $\omega' \in \Omega$ такое, что $Y(\omega') = Y^{min}(\Omega) = \bigcap_{\omega \in \Omega} Y(\omega)$, и $\chi_i(x_i, y_i) \geq \Delta \chi_i(\Omega_i) = \max_{\omega_i \in \Omega_i} \max_{y_i \in Y(\omega_i)} h_i(y_i, \omega_i) - \max_{y_i \in X \cap Y^{min}(\Omega_i)} \min_{\omega_i \in \Omega_i} h_i(y_i, \omega_i)$

для любых $x \in G_x$ и $x \neq y$, тогда для выполнения условий

$$1) H_x = \Phi(G_x^{(i)}) \cap S_x \neq \emptyset, (f_0, h, \chi, \bar{A}^{(x)}, C^{(x)}) \in H_x,$$

достаточно выполнения условия

$$2) \exists \hat{\chi} \in G_x : \forall x \in X \cap Y^{min}(\Omega), y \in Y^{max}(\Omega), i = \overline{1, n} : \chi_i(x_i, y_i) = \max_{x_i \in G_x} \max_{x_i = X_i} (\chi_i(x_i, y_i) - \chi_i(x_i, x_i)).$$

При условии, что $\chi_i(x_i, y_i) = \sum_{j=1, \dots, m} \chi_{ij}(x_{ij} - y_{ij})$, $i = \overline{1, n}$ и $G_x = \{\chi\}$, графическая иллюстрация трех видов функций штрафов, удовлетворяющих условию 2 следствия 3.5.1, приведена на

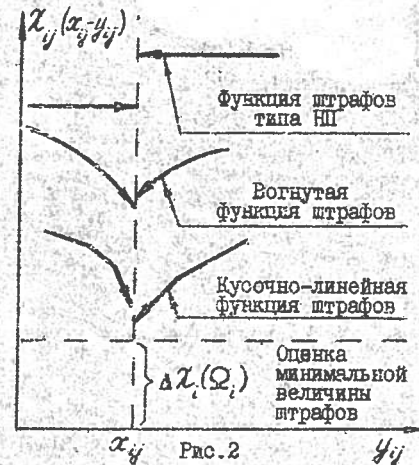


рис.2. Все функции штрафов на рисунке являются вогнутыми функциями на полуосях $x_{ij} \leq y_{ij}$, $x_{ij} > y_{ij}$ и имеет скачок в точке $x_{ij} = y_{ij}$ на величину, не меньшую, чем $\Delta \chi_i(\Omega_i)$. Увеличение неопределенности приводит, вообще говоря, к увеличению величины скачка. Результаты следствия являются обобщением на случай неопределенности результатов, полученных ранее в работах Буркова В.Н., Еналеева А.К., и др. для случая полной информированности центра.

В четвертой главе результаты, полученные в предыдущих главах, применяются при разработке нормативно-методических материалов по построению и настройке систем управления в условиях неопределенности.

В §4.1-4.2 рассматриваются вопросы построения и настройки согласованных процедур оценки деятельности и стимулирования в условиях неопределенности. Результаты этих параграфов использовались при разработке утвержденных в Минприборе отраслевых нормативно-методических материалов.

Наличие неопределенности возможностей активных элементов делает целесообразным применение в согласованных механизмах оценки деятельности и стимулирования более сложных процедур преобразования шкалы (чем в случае полной информированности центра), обеспечивающих заинтересованность (при соответствующей настройке остальных процедур механизма) элементов не только в выполнении плана, но и в выполнении заданного предпочтительного соотношения между

показателями управления и показателями состояния при любых возможных условиях функционирования системы.

Необходимость учета факторов неопределенности, а также применение более сложных процедур преобразования показателей оценки деятельности потребовало разработки соответствующей схемы настройки механизма оценки деятельности и стимулирования, в результате которой и при указанных особенностях обеспечивалась бы заинтересованность активных элементов в реализации заданных типовых целей согласования. Предложенная в работе схема включает: выбор и описание целей согласования с помощью процедур выбора согласованных состояний; выбор конкретного представления процедур преобразования шкалы и агрегирования в соответствии с реализуемой целью согласования (при заданной типовой структуре преобразования показателей оценки деятельности, разработанной Константиновой Н.В.); конкретизацию вида информации о модели поведения активных элементов в условиях неопределенности; настройку параметров механизма оценки деятельности и стимулирования по соответствующим таблицам настройки для выбранной цели согласования, процедуры преобразования шкалы и процедуры агрегирования.

Схема настройки основана на результатах теоремы 2.3.3 и обобщает известные схемы в том смысле, что позволяет настраивать механизмы оценки деятельности и стимулирования не только для целей согласования x , $\rightarrow x$, $\rightarrow x * P$ и P (схемы настройки для которых уже рассматривались), но и для более сложных целей типа $L(u)$ или $L(u) * P$. Причем в предложенной схеме в качестве процедуры агрегирования может быть использована не только аддитивная свертка.

В §4.3-4.6 рассматриваются построение и настройка оптимального согласованного механизма оперативного управления дробильно-шихтовочного отделения (ДШО) агломерационного цеха.

Основной задачей ДШО является приготовление из m^b видов сырья шихты требуемых состава и однородности, в количестве, обеспечивающем выполнение плана агломерационного цеха по выработке годного агломерата, необходимого для последующих технологических операций получения свинца. Функционирование ДШО проходит в условиях неопределенности возможностей активных элементов ДШО (бригады шихтовщиков), связанной с неопределенностью поставок и наличия сырья и неопределенностью трудоемкости закладки сырья в штабель. Применение в этих условиях предложенного в работе механизма оперативного управления ДШО с процедурой оптимального $\Delta x * P$ -согласованного планирования и управления $\tilde{L}^{\Delta x * P}$ (см. блок-схему процедуры на рис.3), во-первых, обеспечивает назначение в каждой ν -й смене такого оменного задания (плана) $x_\nu = \{x_{\nu j} | j = \overline{1, m^b}\}$, в выполнении и перевыполнении которого в заданных пределах $\Delta x_\nu = \{\Delta x_{\nu j} | j = \overline{1, m^b}\}$ заинтересованы бригады шихтовщиков, во-вторых, гарантирует реализуемость оменного задания x_ν при любых возможных условиях функционирования ДШО в каждой ν -й смене, так как

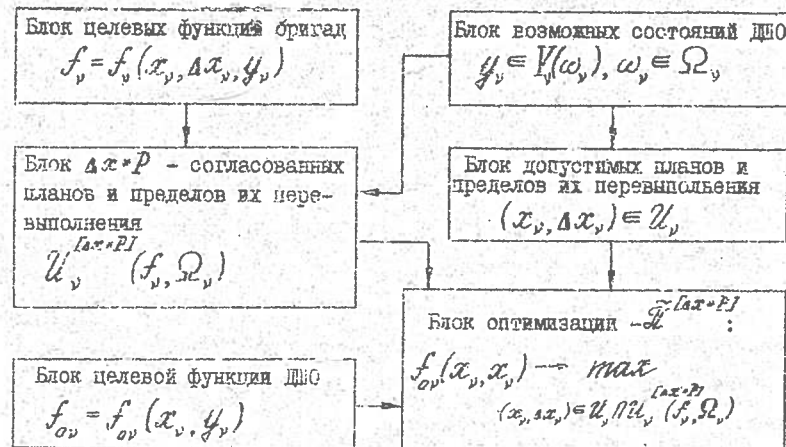


Рис.3

X , выбирается из множества реализуемых возможных состояний ДШО $Y,^{max}(\Omega) = \bigcap_{\omega \in \Omega} Y,(\omega)$, в-третьих, способствует более рациональному использованию имеющихся ресурсов и техники в рамках заданных технологических ограничений шихтоподготовки в каждой ν -й смене, так как при выбранном сменном задании X , пределы Δx , определяются с учетом "наилучших" возможных условий функционирования ДШО в технологических ограничениях $(x, \Delta x) = (Y,^{max}(\Omega), Y,^{min}(x, \Omega)) \cap U$, где $Y,^{min}(x, \Omega) = \{y, / (y, + x,)\}_{\omega \in \Omega}$, ω , - неопределенный параметр, характеризующий условия функционирования ДШО.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Сформулирована задача согласованной оптимизации в условиях неопределенности в двухуровневых активных системах.
2. Предложен подход к решению задачи согласованной оптимизации, в соответствии с которым ее решение сводится к последовательному решению трех более простых задач - задачи согласования, задачи оптимизации и задачи существования. Разработаны методы решения частных, характерных для практики случаев этих задач.
3. В рамках решения задачи согласования разработаны: способ настройки согласованных систем стимулирования, обеспечивающих заинтересованность активных элементов в реализации ряда типовых целей согласования; способ построения множества согласованных управлений с помощью оценочных множеств; способы построения согласованных систем стимулирования для объединения и пересечения множеств согласованных состояний.
4. Сформулированы необходимые и достаточные условия оптимальности согласованных по выполнению плана механизмов функционирования. Построены конструктивные достаточные условия оптимальности таких механизмов функционирования.
5. Получены решения задачи согласованной оптимизации в усло-

виях неопределенности для согласованных по выполнению плана механизмов функционирования.

6. Результаты работы использовались:

- при разработке утвержденного в Минприборе комплекса отраслевых нормативно-методических материалов, посвященных методам обследования, описания, проектирования и настройки механизмов оценки деятельности и стимулирования в системах оперативного управления;
- при разработке системы оперативного согласованного управления основным производством аллюмерационного цеха свинцового завода Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината, фактический экономический эффект от промышленной эксплуатации которой с 1984г. по 1986 г. составил 208100 (двести восемь тысяч сто) рублей.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Бяляев А.К., Кондратьев В.В., Цветков А.В. Синтез оптимальных механизмов функционирования в условиях неопределенности. - В кн.: IX Всесоюзное совещание по проблемам управления: Тезисы докладов. М., Институт проблем управления, 1983, с.372-373.
2. Кондратьев В.В., Тихонов А.А., Цветков А.В. Частично согласованное планирование в условиях неполной информированности центра. - В кн.: Материалы VIII Всесоюзного семинара-совещания: Управление большими системами. Алма-Ата, Каз.ПТИ, 1983, с.18-20.
3. Цветков А.В. Согласованное планирование в задаче выполнения и перевыполнения плана в условиях неопределенности. - В кн.: Материалы VIII Всесоюзного семинара-совещания: Управление большими системами. Алма-Ата, Каз.ПТИ, 1983, с.61-63.
4. Цветков А.В. Условия оптимальности согласованных механизмов функционирования при неопределенности. - В кн.: Неопределенность, риск, динамика в организационных системах. М., Институт

проблем управления, 1984, с.73-81.

5. Бурков В.Н., Енашев А.К., Кондратьев В.В., Цветков А.В. Элементы теории оптимального синтеза механизмов функционирования двухуровневых активных систем. I-III.- Автоматика и телемеханика, 1983, №10, с.139-143, 1984, №11, с.86-92, 1984, №12, с.94-100.

6. Дзларов Б.А., Кондратьев В.В., Цветков А.В., Шенгитбаев К.К. Оптимальное согласованное управление процессом шихтоподготовки.- В кн.: Методы исследования сложных систем: Труды конференции молодых ученых. М., ВНИИСИ, 1985, с.52-57.

7. Цветков А.В. Модель механизма реализации целевой программы выполнения и перевыполнения плана в условиях неопределенности.- В кн.: Теоретические и прикладные задачи оптимизации. М., Наука, 1985, с.60-65.

8. Цветков А.В. О выборе согласования в двухуровневой активной системе с неопределенностью.- В кн.: Планирование, оценка деятельности и стимулирование в активных системах. М., Институт проблем управления, 1985, с.30-34.

9. Цветков А.В. Многокритериальная согласованная оптимизация при неопределенности в активных системах.- В кн.: Декомпозиция и координация в сложных системах: Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. Часть II. Челябинск, Челябинский политехнический институт, 1986, с.103-104.

10. Цветков А.В. Свойства множеств согласованных управлений в случае нескольких целей согласования.- В кн.: Тезисы докладов X Всесоюзного совещания-семинара: Управление иерархическими активными системами. Тбилиси, Мецниереба, 1986, с.49.