

6
A-25
МИНИСТЕРСТВО ПРИБОРО-
СТРОЕНИЯ, СРЕДСТВ АВТО-
МАТИЗАЦИИ И СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ С С С Р

АКАДЕМИЯ НАУК
С С С Р

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ
И
ТЕЛЕМЕХАНИКИ
/ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ/

Н. Г. ГОРЕЛИК

на правах рукописи

Разработка экстремальных систем для
оптимизации каталитических процессов
в производстве синтетического каучука.

Москва, 1967

МИНИСТЕРСТВО ПРИБОРО-
СТРОЕНИЯ, СРЕДСТВ АВТО-
МАТИЗАЦИИ И СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ С С С Р

АКАДЕМИЯ НАУК
С С С Р

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ
И
ТЕЛЕМЕХАНИКИ
/ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ/

Н. Г. ГОРЕЛИК

на правах рукописи

Разработка экстремальных систем для
оптимизации каталитических процессов
в производстве синтетического каучука.

Автореферат диссертации на соиска-
ние ученой степени кандидата тех-
нических наук.

Научный руководитель доктор
технических наук, профессор
А. А. Фельдбаум.

Москва, 1967

A 25

Работа выполнена в Воронежском филиале ОКБА.

Ученый совет ИАТ(ТК) направляет Вам для ознакомления автореферат кандидатской диссертации ГОРЕЛИКА Н.Г.

Ориентировочная дата защиты - конец марта 1967г.

Отзыв на автореферат в 2-х экз. просьба направлять по адресу: Москва, Б-53, Каланчевская ул., 15-а. Ученый совет ИАТ(ТК). Тел. Б-3-95-00.

Дата рассылки автореферата "28" февраля 1967г. №262/339.

Ученый секретарь Совета - канд.техн.наук М.А.Боярченков.

308901

Центральная научная
БИБЛИОТЕКА
Академии наук Киргизской ССР

В производстве синтетического каучука широко применяются каталитические процессы.

Каталитический процесс - это нелинейный динамический объект управления с экстремальной статической характеристикой.

Положение экстремума выходной величины объекта изменяется заранее непредвиденным образом под действием случайных помех, обусловленных изменением нагрузки, состава исходного сырья, свойств катализатора.

Управление таким объектом в настоящее время осуществляется путем автоматической стабилизации режимных параметров и их периодической корректировки человеком-оператором. Оператор активно изучает объект управления. На основе анализа полученных результатов и личного опыта принимает решение об изменении параметров технологического режима. Естественно, что система ручного управления столь сложным объектом является медленно действующей и в той или иной мере обладает ограничениями, связанными с субъективными ошибками оператора.

В управлении современными химико-технологическими процессами все более возрастает роль экстремальных систем, обладающих способностью отыскивать наивыгоднейший в некотором заранее принятом смысле режим работы объекта управления.

Построение и внедрение экстремальной системы сопряжено с большими денежными затратами на экспериментальное изуче-

ние объекта управления, приобретение существующих и разработку новых приборов и устройств, наладку, промышленные испытания, а также /в ряде случаев/ на усовершенствование технологической схемы процесса.

Кроме того, накопленный опыт /в химии/ свидетельствует о том, что сроки выполнения этих работ довольно велики и составляют нередко от трех до пяти лет.

В связи с этим возникает большая необходимость в обоснованном выборе системы и параметров ее настройки, в прогнозировании ожидаемого экономического эффекта от оптимизации по результатам предварительного обследования объекта. Это должно позволить в ряде случаев избежать напрасных затрат времени и больших денежных средств.

Эта работа посвящена рассмотрению следующих задач применительно к дискретным экстремальным системам с зависимым поиском как наиболее пригодных для оптимизации каталитических процессов.

1. Разработка инженерных приемов исследования и расчета градиентных экстремальных систем, подверженных действию случайных помех, характерных для каталитических процессов.

2. Проведение сравнительного анализа различных градиентных экстремальных систем и выбор наиболее приемлемой для заданного объекта управления.

3. Выбор приемлемой схемы стабилизации режимных пара-

метров для экстремальной системы и определение оптимальных значений параметров настройки регуляторов.

4. Прогнозирование ожидаемого экономического эффекта, который может быть достигнут в результате внедрения экстремальной системы и обоснованный выбор основных параметров технических средств, необходимых для практической реализации экстремальной системы.

Диссертация содержит четыре главы.

Глава 1. Введение.

Глава II. К статистической теории дискретных градиентных экстремальных систем.

Глава III. Исследование и расчет экстремальных систем.

Глава IV. Разработка системы экстремального регулирования процесса получения дивинила из спирта.

В первой главе диссертации на основе анализа работ по экстремальному регулированию дается перечень вопросов, являющихся предметом рассмотрения в последующих главах.

Вторая глава посвящена рассмотрению дискретных градиентных экстремальных систем с прямоугольными пробными воздействиями и получению для каждой системы функциональной зависимости ее критерия качества от параметров объекта управления, экстремального регулятора и статистических характеристик помех.

При решении этой задачи приняты следующие предположения.

1. а/ Статическая характеристика объекта управления описана уравнением вида:

$$m = m_0 - 0.5b(x_\alpha - x)^2, \quad (1)$$

где m - показатель качества работы объекта /выход целевого продукта, себестоимость единицы целевого продукта и т.д./;

x - регулирующее воздействие /температура, объемная скорость сырья, уровень катализатора и т.д./;

m_0, x_α - координаты экстремума функции, случайные функции времени с известными статистическими характеристиками;

$$b = const > 0.$$

В пятом параграфе полученные результаты обобщены на случай, когда b -случайный стационарный процесс с известными статистическими характеристиками - мультипликативная помеха.

б/ Выходная величина объекта управления измеряется с некоторой аддитивной погрешностью δ , являющейся случайной функцией времени с известными статистическими характеристиками.

в/ Критерий качества поиска - математическое ожидание отклонения выходной величины объекта от экстремального значения в установившемся режиме поиска.

Принятый критерий учитывает потерю качества при поиске экстремума функции /1/ не только из-за действия помех, но из-за пробных воздействий.

П. а/ Статическая характеристика объекта управления описана уравнением вида

$$y = f(x), \quad (2)$$

где $f(x)$ - действительная функция, принимающая не отрицательные значения на всем диапазоне изменения регулирующего воздействия x .

При $x = x_\alpha$ $f(x)$ достигает своего единственного максимума, а при $x > x_\alpha$ и $x < x_\alpha$ $f(x)$ убывает и возрастает соответственно.

Кроме того, существуют такие фиксированные положительные числа $a_1 > a_2$ и a_3 , при которых модули первой и третьей производных $f(x)$ заключены в пределах

$$\left. \begin{aligned} a_2 |x - x_\alpha| \leq |f'(x)| \leq a_1 |x - x_\alpha|, \\ |f'''(x)| \leq a_3. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

б/ $x_\alpha > 0$ - случайный процесс, о котором лишь известно, что

$$\Delta x_\alpha = x_{\alpha \max} - x_{\alpha \min} \leq a_4, \quad (4)$$

где

$$a_4 = const > 0.$$

в/ Выходная величина Y может быть измерена с некоторой случайной аддитивной ошибкой

$$|\delta| \leq a_s, \quad (5)$$

где

$$a_s = \text{const} > 0$$

г/ Критерий качества поиска - некоторая оценка величины математического ожидания квадрата отклонения регулирующего воздействия от значения, соответствующего экстремуму Y .

Для принятых условий в диссертации рассмотрен ряд разновидностей дискретных экстремальных градиентных систем, основанных на применении следующих стратегий поиска, отличающихся способом получения меры частной производной.

1. Поиск с одним пробным шагом с накоплением при временном /для дискретного и непрерывного выхода объекта управления/ и пространственном разделении каналов измерения.

2. Модифицированный поиск с одним пробным шагом с накоплением при временном и пространственном разделении каналов измерения.

При этом методе в каждом цикле поиска используется информация о величине параметра θ /см. 1 /.

3. Поиск с двумя разнополярными пробными шагами с накоплением при временном и пространственном разделении

каналов измерения.

4. Поиск с n однополярными пробными воздействиями.

5. Поиск с $2n$ разнополярными пробными воздействиями.

Последние две стратегии поиска - это дискретные варианты синхронного детектирования. Выбор выше перечисленных стратегий поиска продиктован следующими обстоятельствами:

Экстремальные системы, реализующие эти стратегии поиска, пригодны для оптимизации инерционных объектов управления с большим транспортным запаздыванием или с дискретным выходом и сравнительно просты в техническом отношении.

Для каждой из рассмотренных экстремальных систем определены условия устойчивости поиска, получена функциональная зависимость критерия качества от параметров объекта, экстремального регулятора и статических характеристик помех.

Третья глава диссертации посвящена применению результатов, полученных во второй главе, для исследования и расчета экстремальных систем.

В первом параграфе исследованы условия устойчивости процесса поиска. Для экстремальной системы с одним пробным воздействием с квадратичной статической характеристикой объекта управления, подверженной действию аддитивных помех, неравенство

$$0 < A\theta(Q-d) < 2 \quad (6)$$

является необходимым и достаточным условием устойчивости поиска. Здесь A - коэффициент рабочего шага, Q - величина пробного шага, d - приращение нестационарной помехи, приложенной к входу объекта, за время измерения его выходной величины.

Отсюда следует, что стационарные помехи, приложенные ко входу и выходу объекта управления, не оказывают влияния на факт устойчивости поиска и что для обеспечения устойчивого процесса поиска параметры настройки экстремального регулятора нельзя выбирать произвольно.

Для экстремальной системы, подверженной действию мультипликативных и аддитивных помех, необходимое и достаточное условие устойчивости поиска имеет вид:

$$0 < AB_0(Q-d) < \frac{2B_0^2}{\sigma_e^2 + B_0^2}, \quad (7)$$

где B_0 - математическое ожидание мультипликативной помехи;

σ_e^2 - дисперсия мультипликативной помехи.

Следовательно, устойчивость экстремальной системы с мультипликативными помехами зависит не только от параметров A, B_0, Q, d , как в случае системы с аддитивными помехами, но и от дисперсии мультипликативной помехи.

Наличие мультипликативной помехи уменьшает область устойчивости градиентной экстремальной системы тем больше, чем больше σ_e^2 .

Показано также, что область устойчивости экстремальной системы с произвольной статической характеристикой объекта управления в смысле /2/, /3/ и произвольными характеристиками помех /4/, /5/, вообще говоря, меньше, чем для системы с мультипликативными помехами и квадратичной статической характеристикой объекта.

Второй параграф третьей главы посвящен анализу установившейся ошибки поиска. Исследовано на примере системы с одним пробным шагом влияние помех и пробных воздействий на величину критерия качества системы.

При решении этой задачи рассмотрены условия наиболее характерные для каталитических процессов.

1. Ко входу объекта управления приложены аддитивные помехи

$$x_a = \beta + at \quad (8)$$

Здесь β - стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и автокорреляционной функцией

$$R(\tau) = \sigma_\beta^2 q^{|\tau|T} \quad (9)$$

$i = 0, 1, 2, \dots$; T - длительность цикла поиска;

σ_β^2 - дисперсия помехи β , q^T - вероятность того, что β не изменит своего значения на интервале времени T , at - направленный "дрейф" положения экстремума, $a = const$.

2. Объект управления подвержен действию мультипликативной помехи с математическим ожиданием B_0 и дисперсией σ_e^2 .

3. Выходная величина объекта измеряется с некоторой случайной ошибкой δ , математическое ожидание которой равно нулю, а дисперсия σ_δ^2 .

Для удобства изложения введены обозначения:

U_1, U_2 - составляющие ошибки поиска, обусловленные соответственно помехами β, δ, at и пробными воздействиями Q ;

E_1 - некоторый множитель, характеризующий влияние мультипликативной помехи на ошибку поиска.

Показано, что с увеличением σ_β^2 увеличивается U_1 /ошибки поиска увеличиваются/, что U_1 является нелинейной функцией q^T . С ростом q^T компенсирующее действие экстремальной системы в отношении помехи β увеличивается при соответствующем выборе величин A и Q . Например, при $q^T = 0,5$ влияние помехи β на величину U_1 может быть снижено только на 12%, а при $q^T = 0,8$ - на 58%.

Следовательно, градиентная экстремальная система, в принципе, не в состоянии полностью скомпенсировать влияние стационарных помех, приложенных ко входу объекта управления.

Существенное влияние на величину ошибки поиска оказывает помеха δ .

С ростом ее дисперсии σ_δ^2 увеличивается U_2 и, следовательно, ошибка поиска. В принципе, величину U_2 можно

сделать сколь угодно малой. Для этого достаточно величину пробного шага Q существенно увеличить, либо величину коэффициента A - уменьшить.

Для снижения влияния нестационарной помехи at на величину U_2 нужно выбрать величины Q и A по возможности большими. С ростом Q возрастает U_1 - составляющая ошибка поиска за счет пробных воздействий.

Этими обстоятельствами обусловлены оптимальные значения параметров настройки экстремального регулятора, т.е. такие значения параметров A и Q , при которых критерий качества системы достигает минимума.

Влияние мультипликативной помехи на критерий качества системы проявляется в основном через множитель E_1 :

$$K_m = E_1 K, \quad (10)$$

где K_m, K - ошибки поиска в системе с мультипликативными и без мультипликативных помех соответственно.

$$E_1 = 1 \text{ при } \sigma_\beta^2 = 0; \quad E_1 > 1 \text{ при } \sigma_\beta^2 \neq 0.$$

Для снижения влияния E_1 на K_m следует стремиться к уменьшению как A , так и Q .

Таким образом, наиболее "опасными" для градиентных экстремальных систем является мультипликативные помехи и помехи типа "белого шума", приложенные ко входу объекта управления.

Третий параграф посвящен сравнительному анализу градиентных экстремальных систем с различными стратегиями поиска: с одним, двумя, n и $2n$ пробными воздействиями. В основу сравнения положены оптимальные значения величин ошибок поиска в каждой системе и степень сложности их технической реализации.

Показано, что в техническом отношении наиболее просты экстремальные системы с одним пробным шагом без накопления. В отношении быстродействия экстремальная система с одним пробным шагом обладает заметным преимуществом перед другими градиентными системами при многомерном инерционном объекте.

По величинам оптимальных значений установившихся ошибок поиска экстремальные системы с одним и двумя пробными шагами практически не отличаются.

Важным требованием к этим системам является требование постоянства величины Q в процессе поиска.

Отклонение величины пробного шага от оптимального значения приводит к увеличению ошибки поиска. Кроме того, если Q - случайная величина, то ее изменения оказывают такое же влияние на экстремальную систему, как мультипликативная помеха. Эти системы в простейшем исполнении /без накопления/ весьма чувствительны к действию высокочастотных помех, приложенных ко входу объекта управления.

Одним из сильных методов борьбы с такими помехами, известным в многочисленных вариантах, и играющим в технике передачи сигналов видную роль, является метод накопления. В работе рассмотрено несколько вариантов метода накопления применительно к экстремальным системам с одним и двумя пробными шагами.

1. Накопление при временном разделении каналов измерения:

а/ суммирование с одинаковыми весами дискретных отсчетов выходной величины объекта, полученных в разные моменты времени с одного измерительного прибора;

б/ интегрирование выходной величины объекта за время t_u ;

2. Накопление при пространственном разделении каналов: суммирование с разными весами дискретных отсчетов выходной величины объекта, полученных в одно и то же время с нескольких различных приборов.

В диссертации определены области рационального применения этих разновидностей метода накопления в экстремальных системах.

На конкретных примерах показано, что если помехи, приложенные ко входу объекта управления, изменяются медленно, а его выходная величина измеряется со сравнительно высокочастотной помехой, то применение метода накопления при

временном разделении каналов эффективно.

При сравнительно быстром изменении помех, приложенных ко входу объекта, такое накопление не дает выигрыша в отношении величины ошибки поиска. В этом случае предлагается применить накопление с пространственным разделением каналов измерения.

Экстремальная система, в которой применен такой метод накопления, отличается от рассмотренных большим быстродействием, хорошей помехозащищенностью. Платой за эти качества является заметное удорожание системы.

Показано, что если к выходу объекта управления приложены интенсивные низкочастотные и высокочастотные помехи, то целесообразно применить экстремальные системы с n или $2n$ пробными воздействиями. Преимущество их перед системами с накоплением с одним и двумя пробными шагами сказывается на сравнительно низких частотах помех. Между собой эти системы отличаются, примерно, в той же мере, в какой отличаются экстремальные системы с одним и двумя пробными воздействиями.

Автоматическая оптимизация каталитических процессов на основе экстремального управления не только не исключает применения систем автоматического регулирования /САР/, но предъявляет к ним повышенные требования в отношении качества регулирования. Функция САР в экстремальной си-

стеме заключается в обработке пробных и рабочих воздействий /уставки экстремального регулятора/ и в парировании возмущений, приложенных к объекту.

Исследованию одноконтурных и каскадных САР и выбору оптимальных настроек параметров регуляторов посвящен четвертый параграф.

Задача эта решена на аналоговой электронной машине для следующих условий:

- 1. Передаточная функция объекта регулирования

$$W_o(p) = W_1(p) \cdot W_2(p), \quad (11)$$

где $W_1(p) = \frac{K_1}{1+T_1 p}; W_2(p) = \frac{K_2}{1+T_2 p} e^{-p\tau};$

$$0.1 \leq \frac{T_1}{T_2} \leq 1; \quad 0.1 \leq \frac{\tau}{T_2} \leq 1.$$

- 2. Передаточная функция регулятора в одноконтурной САР

$$W_p(p) = K_p \frac{T_u p + 1}{T_u p} \quad (12)$$

- 3. Передаточная функция регулятора в каскадной САР

$W_g(p) = K_g$ - во внутреннем контуре,

$W_k(p) = K_k \frac{T_{uk} p + 1}{T_{uk} p}$ - во внешнем.

- 4. Критерий качества регулирования - минимум функционала

$$S = \int_0^{\infty} (|E| + A_1 |E| + A_2^2 |E|) dt \quad (13)$$

Здесь $A_1 = \frac{T_1 + T_2 + \Sigma}{4}$

Показано, что каскадная САР дает существенное улучшение качества регулирования по сравнению с одноконтурной, когда возмущение приложено ко входу объекта, и - сравнительно небольшое улучшение качества, когда возмущение приложено ко входу звена с передаточной функцией $W_2(p)$.

В работе определена область рационального применения рассмотренных одноконтурных и каскадных САР. Построены номограммы оптимальных настроек регуляторов в одноконтурной и каскадной САР.

Внедрению экстремальной системы в производство для оптимизации химико-технологического процесса предшествуют экспериментальное исследование объекта управления, разработка алгоритма, опытной схемы и технических средств автоматизации, их монтаж, наладка и промышленные испытания, корректировка технической документации и другие работы. Проведение этих работ, как правило, сопряжено со значительными денежными затратами. Сроки выполнения их, как свидетельствует наш опыт, довольно велики и составляют от трех до пяти лет.

В этой связи чрезвычайно важно установить на самой ранней стадии разработки экстремальной системы по предварительным данным /например, журнальным записям/ о работе объекта, в какой мере экстремальное регулирование его

экономически целесообразно. Здесь имеется в виду прогнозирование ожидаемого экономического эффекта, который может быть достигнут в результате внедрения экстремальной системы.

Этому вопросу посвящен пятый параграф.

Изложенный в диссертации подход к решению этого вопроса заключается в следующем:

1. По данным нормальной эксплуатации исследуемого объекта, например /1/, определяют потерю качества /ошибку/ при его управлении по существующему /базовому/ методу:

$$C_p = M[m - m_0] = 0.5M[v](\sigma_{x_2}^2 + \sigma_x^2 - 2K_{x_2x} + C^2), \quad (14)$$

где C_p - величина потери качества;

M - знак математического ожидания;

$\sigma_{x_2}^2, \sigma_x^2$ - дисперсия X_2 и X соответственно;

K_{x_2x} - взаимная корреляционная функция X_2 и X ;

Если $\sigma_{x_2}^2 = 0$, что соответствует режиму стабилизации X на заданном уровне, то

$$C_p = 0.5M[v](\sigma_x^2 + C^2). \quad (15)$$

Если изменение величины X осуществляется "неразумно" - без учета реальных условий, то

$$C_p = 0.5M[v](\sigma_{x_2}^2 + \sigma_x^2 + C^2) \quad (16)$$

2. По одной из формул, полученных во второй главе

308901



диссертации, определяют минимальное значение ошибки поиска K при экстремальном регулировании исследуемого объекта.

3. Затем вычисляют ожидаемый эффект \mathcal{E}_T /экономический потенциал/ и характеристику эффективности χ_3 научно-исследовательских работ:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_T &= (C_p - K) A_T - K_d E_n \\ \chi_3 &= \frac{\mathcal{E}_T}{K_n} \end{aligned} \right\} (17)$$

- где A - ожидаемый годовой объем производства;
- K_d - дополнительные капитальные затраты с учетом сроков внедрения;
- E_n - отраслевой коэффициент эффективности;
- K_n - затраты на научно-исследовательские работы с учетом фактора времени, предшествующие внедрению экстремальной системы.

Анализ величин \mathcal{E}_T и χ_3 позволяет решить вопрос о целесообразности применения экстремального регулирования для оптимизации исследуемого объекта.

Здесь в качестве примера дан расчет ожидаемого экономического эффекта, который может быть получен при экстремальном регулировании каталитического процесса производства изобутиленов из изобутана:

В этом параграфе рассмотрен также вопрос об экономически обоснованном выборе технических средств, для реализации экстремальной системы.

Четвертая глава диссертации посвящена разработке и промышленным испытаниям экстремальной системы для оптимизации каталитического процесса производства дивинила из этилового спирта.

В первом параграфе приведены общие сведения о процессе.

Превращение спирта в дивинил осуществляется в контактной печи на неподвижном катализаторе и зависит от ряда факторов, изменение которых приводит к изменению количественной и качественной стороны разложения.

К основным факторам относятся следующие:

- а/ температура катализатора;
- б/ нагрузка по спирту;
- в/ активность катализатора;
- г/ состав спиртного сырья.

Температура катализатора и нагрузка - регулирующие воздействия, изменение активности катализатора и состава сырья - возмущающие воздействия /помехи/.

Сущность существующего метода управления этим процессом заключается в стабилизации нагрузки и периодическом увеличении температуры по мере "старения" катализатора.

Контроль качественной стороны процесса осуществляется по лабораторным данным один раз в 16 + 18 часов.

Второй параграф четвертой главы диссертации посвящен разработке способа, пригодного для автоматического определения качественных показателей - выхода дивинила на разложенный и пропущенный спирт.

Здесь отмечается, что существующий способ определения качественных показателей процесса является очень трудоемким, требует для проведения анализов и расчетов большой штат лаборантов и химиков, экономически не выгоден для технической реализации, поскольку при этом понадобилось бы тринадцать автоматических приборов, из которых семь подлежат новой разработке.

В работе предложен сравнительно простой способ определения показателей качества процесса только по двум параметрам: концентрации дивинила в контактном газе и плотности конденсата, который положен в основу при разработке системы оптимизации.

В настоящее время этот способ контроля внедрен на четырех заводах синтетического каучука взамен ранее применявшегося.

В третьем параграфе приведены результаты экспериментального исследования объекта управления, свидетельствующие о следующем.

1. Эффективность процесса получения дивинила из спирта в значительной мере определяется величиной выхода дивинила на разложенный спирт.

2. Между выходом дивинила на разложенный спирт и температурой спирта на входе в печь существует экстремальная зависимость.

Оптимальное значение температуры, обеспечивающее максимум выхода дивинила на разложенный спирт, заранее неизвестно: зависит от состава сырья, нагрузки, свойств катализатора и изменяется во времени случайным образом.

3. Между выходом дивинила на разложенный спирт и нагрузкой спирта на печь существует экстремальная зависимость. Оптимальное значение нагрузки при незначительной флуктуации состава сырья /в пределах регламента/ для данной партии катализатора несущественно изменяется во времени.

4. Оптимизация этого процесса не может быть достигнута только на основе стабилизации или программного изменения во времени режимных параметров.

В четвертом параграфе рассмотрены алгоритм и система автоматической оптимизации процесса получения дивинила из спирта и обсуждены результаты ее промышленных испытаний.

Сущность предложенного алгоритма оптимизации процесса в общих чертах заключается в поиске и поддержании на максимальном уровне выхода дивинила на разложенный спирт изменением температурного режима в слое катализатора при

постоянной нагрузке спирта на печь.

На основе этого алгоритма разработана экстремальная система управления процессом, предусматривающая автоматическое определение концентрации дивинила и плотности конденсата, вычисление величины выхода дивинила на разложенный спирт, фильтрацию высокочастотных помех измерения и вычисления, поиск оптимальных значений температуры.

Промышленные испытания системы экстремального регулирования процесса получения дивинила из спирта, проведенные в 1965 г. на заводе синтетического каучука, показали следующее.

1. Экстремальное регулирования - рациональный метод автоматической оптимизации аналогичных технологических процессов.

2. Для широкого внедрения этой системы в промышленность синтетического каучука необходимо доработать датчики качества с целью повышения их надежности.

В заключении кратко изложены основные результаты диссертации, которые сводятся к следующему.

1. Рассмотрены дискретные градиентные экстремальные системы с различными стратегиями поиска для следующих случаев:

а/ Объект управления с квадратичной статической характеристикой подвержен действию случайных аддитивных и мультипликативных помех с известными статистическими характеристиками.

б/ Объект управления с произвольной статической характеристикой подвержен действию случайных помех с известными статистическими характеристиками помех. Для каждой из рассмотренных экстремальных систем определены условия устойчивости поиска, получена функциональная зависимость ее критерия качества от параметров объекта, экстремального регулятора и статистических характеристик помех.

2. Исследованы условия устойчивости экстремальных систем. Показано, что наличие мультипликативной помехи уменьшает область устойчивости поиска по параметрам экстремального регулятора тем больше, чем больше ее дисперсия.

3. Исследовано влияние помех на величину критерия качества каждой системы.

Показано, что наиболее "опасными" являются аддитивные помехи, приложенные ко входу нелинейной части объекта управления, и мультипликативные.

Определены условия целесообразности применения метода накопления при временном и пространственном разделении каналов измерения.

4. Исследовано влияние параметров экстремального регулятора на величину критерия качества.

Показано, что существуют такие значения параметров настройки экстремального регулятора, при которых потеря качества минимальна.

5. В результате сравнения двенадцати разновидностей градиентных экстремальных систем по величине минимального значения критерия качества указаны области их рационального применения.

6. Исследованы одноконтурные и каскадные САР.

Определены области их рационального применения.

Предложен простой способ определения параметров настройки регуляторов в одноконтурных и каскадных САР.

7. Сформулирован способ прогнозирования ожидаемого экономического эффекта, который может быть положен в основу оценки целесообразности применения экстремального регулирования и обоснованного выбора основных параметров технических средств для практической реализации экстремальной системы. Применение этого способа иллюстрируется на примере разработки экстремальной системы для оптимизации каталитического процесса дегидрирования изобутана в изобутилены.

8. Проведено экспериментальное исследование каталитического процесса производства дивинила из спирта.

На основе полученных результатов разработана экстремальная система для оптимизации процесса.

В процессе разработки этой системы предложен способ определения показателей качества процесса, который в настоя-

щее время внедрен на четырех заводах синтетического каучука.

9. Промышленные испытания этой системы показали, что экстремальное регулирование - рациональный метод оптимизации аналогичных процессов и позволяет существенно увеличить эффективность управления.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Горелик Н.Г., Тучинский М.Р., Черных И.К.

Поиск и самообучение как метод эффективного управления каталитическими процессами.

Самонастраивающиеся системы. Из-во "Наука", 1965.

2. Горелик Н.Г. К статистической теории градиентных

систем автоматической оптимизации с двумя и одним пробными шагами и их сравнительный анализ.

Автоматика и телемеханика, том XXII, № 6, 1966.

3. Горелик Н.Г. К статистической теории экстремальных

систем с зависимым поиском при воздействии на объект мультипликативных и аддитивных помех.

Автоматика и телемеханика / в печати/.

4. Горелик Н.Г. Исследование системы экстремального

регулирования с зависимым поиском.

Автоматизация химических производств /в печати/.

5. Горелик Н.Г., Плутес В.С., Федорова Г.Ф. Определе-

ние оптимальных настроек регуляторов в каскадных САР на моделирующей установке.

Автоматизация химических производств. НИИТЭХИМ, выпуск 3-4, 1964.

1. Горелик Н.Г., Тучинский М.Р., Черных И.К.
Поиск и самообучение как метод эффективного управления каталитическими процессами.
Самонастраивающиеся системы. Из-во "Наука", 1965.
2. Горелик Н.Г. К статистической теории градиентных систем автоматической оптимизации с двумя и одним пробными шагами и их сравнительный анализ.
Автоматика и телемеханика, том XXV, № 6, 1966.
3. Горелик Н.Г. К статистической теории экстремальных систем с зависимым поиском при воздействии на объект мультипликативных и аддитивных помех.
Автоматика и телемеханика /в печати/.
4. Горелик Н.Г. Исследование системы экстремального регулирования с зависимым поиском.
Автоматизация химических производств. НИИТЭХИМ, № 1, 1967.
(в печати)
5. Горелик Н.Г., Шлутес В.С., Федорова Г.Ф. Определение оптимальных настроек регуляторов в каскадных САР на моделирующей установке.
Автоматизация химических производств. НИИТЭХИМ, выпуск 3-4, 1964.
6. Горелик Н.Г. Способ контроля процесса получения дивинила из спирта.
Химическая промышленность, № 4, 1963.
7. Чуковенков Н.И., Горелик Н.Г.
Авторское свидетельство, 137302, 1960.
Бюллетень № 7, 1961.

6. Горелик Н.Г. Способ контроля процесса получения дивинила из спирта.
Химическая промышленность, № 4, 1963.
7. Чуковенков Н.И., Горелик Н.Г.
Авторское свидетельство, 137302, 1960.
Бюллетень № 7, 1961.
8. Горелик Н.Г. Колойденко А.Л. и др.
Разработка пневматических вычислительных и управляющих устройств и применение их для автоматизации производства синтетического каучука.
Пневмоавтоматика. Из-во "Наука", 1966.

Основные результаты диссертации были доложены

1. На Шестом ежегодном совещании по пневмогидравлической автоматике, 1963 г;
2. на Первой всесоюзной конференции по теории и практике построения самонастраивающихся систем, 1963 г.;
3. на Первой всесоюзной конференции по теории многосвязного регулирования, 1964 г.;
4. на Научно-технической конференции по итогам работы по автоматизации промышленности синтетического каучука, 1965 г.