

Авторед.  
Н 65

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аспирант НИКУЛЬЧА И. П.

**Исследование влияния дрейфа  
экстремума и динамических свойств  
объекта на процесс автоматической  
оптимизации системы с запоминанием  
экстремума**

198 — автоматизация производственных процессов

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Переучет 1987 А.

Одесса — 1968



На правах рукописи

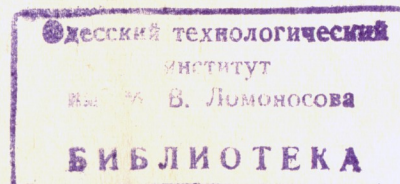
Аспирант НИКУЛЬЧА И. П.

Исследование влияния дрейфа  
экстремума и динамических свойств  
объекта на процесс автоматической  
оптимизации системы с запоминанием  
экстремума

198 — автоматизация производственных процессов

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

v001468



Одесса — 1968

Исследование влияния



v001468

ОНАХТ

19.06.10

Автор | v001468  
Н 65 | НИКУЛЬЧА И. П.  
Иссл. влияни. дрейфа  
1968 | 5/4

12



Работа выполнена на кафедре автоматики и телемеханики Одесского технологического института им. М. В. Ломоносова.

Научные руководители:

доктор технических наук, профессор **И. И. Кринецкий**,  
кандидат технических наук, доцент **И. С. Миронов**.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **П. И. Чинаев**,  
кандидат технических наук, ст. научн. сотр. **Р. С. Рутман**.

Ведущее предприятие — Всесоюзный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт «Пищепром-автоматика».

Автореферат разослан „\_\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 1968 г.

Защита диссертации состоится „\_\_\_\_“ \_\_\_\_\_ 1968 г.  
на заседании Ученого совета Одесского технологического института им. М. В. Ломоносова.

Просим Ваши отзывы в двух экземплярах присылать по адресу: г. Одесса-39, ул. Свердлова, 112, Технологический институт им. М. В. Ломоносова.

Ученый секретарь Совета

**Л. А. Запорожец.**

## Введение

Повышение требований к управляемым процессам вызвало появление самонастраивающихся систем, которые могут изменять свои параметры и структуру при изменении характеристик процесса или условий его протекания. Одним из важных классов этих систем являются экстремальные системы (системы автоматической оптимизации), которые осуществляют автоматический поиск оптимального значения управляющего воздействия, т. е. такого значения, которое обеспечивает экстремум некоторого показателя эффективности процесса.

Весьма перспективно осуществление экстремальных систем в теплоэнергетике, металлургии, пищевом, химическом и других производствах. В этих отраслях промышленности имеется целый ряд участков, автоматическая оптимизация которых может быть очень эффективной. Однако для решения этих задач существует необходимость дальнейшего исследования некоторых общих вопросов систем автоматической оптимизации в случае инерционных систем, у которых динамические свойства звеньев (запаздывание и инерционность) оказывают значительное влияние на процесс поиска. Существенное влияние на процесс автоматической оптимизации оказывают также возмущения, вызывающие дрейф статической характеристики объекта управления (дрейф экстремума), особенно в случае инерционных объектов.

При создании поисковых экстремальных систем основной задачей является обеспечение их устойчивости, а также максимальное снижение потери на поиск. Важное значение имеют эти вопросы в условиях дрейфа точки экстремума.

В данной работе исследуется влияние дрейфа экстремума и динамических свойств объекта управления на устойчивость и потерю на поиск в экстремальной системе с запоминанием экстремума. В результате проведенного исследования получены аналитические зависимости для определения настроечных параметров системы (скорости поиска и зоны нечувствительности регулятора) с учетом динамических свойств объекта и скорости дрейфа экстремума. Получены также аналитические зависимости, позволяющие определить потерю на по-



иск с учетом указанных факторов. Кроме того, проведено математическое и физическое моделирование исследуемой системы. На примере последнего показана последовательность расчета настроечных параметров системы.

**Первая глава** посвящена общему обзору поисковых экстремальных систем, проблеме устойчивости и определения потери на поиск, а также формулировке вопросов для исследования.

При создании поисковых экстремальных систем основной задачей является обеспечение их устойчивости. Основными факторами, влияющими на устойчивость системы, являются:

- низкочастотные возмущения, приводящие к дрейфу экстремальной характеристики объекта управления;
- динамические свойства (инерционность и запаздывание) звеньев системы;
- высокочастотные помехи.

Рассматривается влияние первых двух факторов.

Смещение статической характеристики объекта при определенных условиях может приводить систему к неустойчивости. Обеспечить устойчивую работу системы можно либо введением в структуру регулятора стабилизирующего устройства, либо выбором скорости поиска с учетом максимальной скорости дрейфа статической характеристики объекта.

Динамические свойства звеньев могут приводить к возникновению ложных реверсов в экстремальных системах с запоминанием. Этот вопрос частично рассматривался в работе И. С. Миронова «К вопросу об устойчивости систем автоматической оптимизации с запоминанием экстремума» («Автоматика», № 6, 1964). Дальнейшее исследование условий возникновения ложных реверсов в системе следует вести с учетом дрейфа статической характеристики объекта, что и проводится в данной работе.

Поисковый характер экстремальных систем приводит к тому, что они работают не в оптимальном, а в квазиоптимальном режиме, т. е. работают с определенной потерей на поиск. Последняя в системах с запоминанием экстремума зависит, в частности, от динамических свойств звеньев системы, а также от скорости дрейфа статической характеристики объекта управления.

Вопросы определения потери на поиск в экстремальных системах с запоминанием рассматривались в работах Цянь Сюэ-Сэня «Техническая кибернетика», Чинаева П. И. «Некоторые вопросы экстремальных систем» (в сб.: Автоматическое управление и вычислительная техника, вып. 5, 1962) и др. В них исследуется потеря на поиск в установившемся или близком к установившемуся режимах с учетом динами-

ческих свойств звеньев системы. Влияние дрейфа статической характеристики объекта на потерю поиска в этих системах еще не изучалось, поэтому в работе исследованию этого вопроса уделяется большое внимание.

**Вторая глава** посвящена исследованию устойчивости экстремальных систем с запоминанием экстремума.

На процесс поиска главное влияние оказывают динамические свойства объекта управления. Обычно постоянная времени и время запаздывания объекта намного больше постоянной времени и времени запаздывания регулятора, поэтому регулятор в большинстве случаев можно считать безынерционным, что и принимается в данной работе. Форма статической характеристики объекта принимается параболической, а дрейф экстремума — проходящим по линейному закону. Исследование проводится аналитическим методом.

Для безынерционной системы исследуется влияние на ее устойчивость составляющих дрейфа по осям характеристики объекта. При этом рассматриваются возможные случаи движения системы и выделяются наиболее «опасные». В результате получено выражение, связывающее параметры регулятора и объекта и определяющее область устойчивой работы системы; система устойчива, если

$$a > v_r + \frac{v_v}{2\kappa \left( x_{кр} - \sqrt{\frac{\Delta}{\kappa}} \right)}, \quad (1)$$

- где  $a$  — модуль скорости поиска,  
 $v_r$  и  $v_v$  — соответственно горизонтальная и вертикальная составляющие скорости дрейфа характеристики,  
 $\kappa$  — параметр экстремальной характеристики,  
 $\Delta$  — зона нечувствительности регулятора,  
 $x$  — входная координата объекта управления,  
 $x_{кр}$  — меньшее из следующих двух величин:

- 1) разность значений  $x$ , соответствующих одному крайнему положению исполнительного механизма и точки экстремума;
- 2) разность значений  $x$ , соответствующих второму крайнему положению исполнительного механизма и экстремума.

Для инерционных систем исследуются два основных вида схем замещения объекта управления:

- 1) линейная инерционная часть — нелинейное безынерционное звено (сокращенно ЛН);
- 2) нелинейное безынерционное звено — линейная инерционная часть (сокращенно НЛ).

При этом рассматриваются разные виды линейной части:



звено запаздывания, звено первого порядка, последовательно соединенные звено запаздывания и звено первого порядка. Условия устойчивости ищались, исходя из требования

$$\Delta > |\Delta z|, \quad (2)$$

где  $\Delta z$  — дополнительное отклонение выходной координаты  $z$  объекта после момента реверса.

В случае, когда линейная часть — звено запаздывания, условие устойчивости было получено в виде

$$a < 0,414 \sqrt{\frac{\Delta}{\kappa}} \cdot \frac{1}{\tau}, \quad (2)$$

где  $\tau$  — время запаздывания объекта.

Если линейная часть описывается дифференциальным уравнением первого порядка, то при схеме замещения объекта НЛ показывается, что ложных реверсов в системе не наблюдается; при схеме ЛН ложные реверсы будут исключены, если

$$a < 1,33 \sqrt{\frac{\Delta}{\kappa}} \cdot \frac{1}{T}, \quad (4)$$

где  $T$  — постоянная времени объекта.

Если линейная часть представляется последовательно соединенными звеном запаздывания и звеном первого порядка, то ложные реверсы могут возникать при обеих схемах замещения. При схеме ЛН система не совершает ложных реверсов, если

$$a < 0,414 \sqrt{\frac{\Delta}{\kappa}} \cdot \frac{1}{\tau + 0,311T}. \quad (5)$$

При схеме замещения НЛ определяются отдельно  $\Delta z_T$  и  $\Delta z_\tau$ , которые должны удовлетворять условию

$$\Delta > |\Delta z_T| + |\Delta z_\tau|, \quad (6)$$

где  $\Delta z_T$  и  $\Delta z_\tau$  — дополнительные отклонения  $z$  после момента реверса, вызываемые соответственно инерционностью и запаздыванием.

В работе дана методика определения этих величин.

В условиях дрейфа статической характеристики дополнительное отклонение  $\Delta z$  выходной координаты  $z$  объекта управления больше на тех отрезках времени, где скорости поиска и дрейфа складываются, и меньше там, где эти скорости вычитаются друг из друга. Очевидно, условие устойчивости системы следует искать на тех участках, где  $\Delta z$  больше. С учетом этой особенности и возможности возникновения не-

устойчивости, вызываемой дрейфом характеристики, в случае объекта, замещаемого схемой ЛН, зона устойчивой работы системы определяется выражением

$$v_T + \frac{v_B}{2\kappa \left( x_{кр} - \sqrt{\frac{\Delta}{\kappa}} \right)} < a < 0,414 \sqrt{\frac{\Delta}{\kappa}} \cdot \frac{1}{\tau + 0,311T} - v_T. \quad (7)$$

В случае, когда левая часть этого неравенства больше или равна правой части, систему рассматриваемой структуры реализовать невозможно, т. к. не существует скорости поиска, при которой система устойчива.

При схеме замещения объекта НЛ выражение (6) остается в силе, только величины  $\Delta z_T$  и  $\Delta z_\tau$  определяются с учетом дрейфа статической характеристики. Система устойчива при совместном выполнении условий (1) и (6).

Таким образом, влияние дрейфа экстремума и динамических свойств объекта управления на устойчивость системы с запоминанием экстремума выражается в том, что оба эти фактора сужают область устойчивости системы: с одной стороны эта область сужается скоростью дрейфа, а с другой стороны — динамическими свойствами объекта и скоростью дрейфа. При расчете системы скорость поисковых воздействий следует выбирать из этой области. При этом, если окажется, что область устойчивых значений скорости поиска слишком узка либо вообще отсутствует, то система, по-видимому, может быть реализована путем усложнения структуры регулятора (введением в его схему стабилизирующего устройства и т. д.).

**Третья глава** посвящена исследованию влияния дрейфа экстремума и динамических свойств объекта управления на величину потери на поиск.

Дрейф экстремума и динамические свойства объекта неизбежно влияют на потерю поиска в системе. В работе проводится исследование этого влияния для различных случаев. При этом также используется аналитический метод.

В безынерционной системе в установившемся режиме потеря на поиск определяется выражением

$$D = \frac{\kappa A_0^2}{3} = \frac{\Delta}{3}, \quad (8)$$

где  $D$  — потеря на поиск,

$A_0$  — амплитуда входной координаты  $x$  объекта в безынерционной системе в установившемся режиме.

При смещении характеристики объекта в горизонтальном направлении (вдоль оси  $x$ ) потеря на поиск определяется этим



же выражением. При вертикальном дрейфе (вдоль оси  $z$ ) потеря на поиск определяется выражением

$$D = \frac{\kappa A^2}{3}, \quad (9)$$

где  $A$  — амплитуда входной координаты объекта.

В этом случае при смещении характеристики вверх (в сторону экстремума)  $A > A_0$  и  $D > \frac{\Delta}{3}$ ; при смещении вниз (в сторону от экстремума)  $A < A_0$  и  $D < \frac{\Delta}{3}$ . Если считать оба направления равновероятными, то

$$D = \frac{\Delta}{3} + \frac{v_B^2}{12\kappa a^2}. \quad (10)$$

При дрейфе экстремальной характеристики в произвольном направлении потеря на поиск определяется выражением

$$D = \frac{\Delta}{3} + \frac{v_B^2(a^2 + 3v_r^2)}{12\kappa(a^2 - v_r^2)^2}, \quad (11)$$

из которого видно, что в безынерционной системе в режиме дрейфа характеристики в общем случае потеря на поиск возрастает.

Для инерционной системы исследуется влияние динамических свойств объекта на величину потери на поиск. При этом рассматриваются те же случаи представления линейной части и те же схемы замещения объекта, что и в предыдущей главе.

Если линейная часть является звеном запаздывания, то потеря на поиск в установившемся режиме определяется выражением

$$D = \frac{\kappa}{3}(A_0 + a\tau)^2, \quad (12)$$

откуда видно, что запаздывание увеличивает потерю на поиск.

Если линейная часть представлена звеном первого порядка, то при схеме замещения объекта НЛ в установившемся режиме потеря на поиск определяется выражением

$$D = \frac{\kappa A^2}{3}, \quad (13)$$

откуда следует, что с увеличением  $T$  растет  $D$  (с увеличением  $T$  растет  $A$ ). При схеме замещения объекта ЛН  $D$  определяется выражением

$$D = \frac{\kappa A^2}{3} - \frac{\kappa a^2 T^2 A_0}{A}. \quad (14)$$

Анализируя это выражение, отметим следующее. Первое слагаемое с увеличением  $T$  растет (с увеличением  $T$  растет  $A$ ). Второе слагаемое с увеличением  $T$  также растет (его числитель растет быстрее, чем знаменатель). При некотором значении  $T$  скорости роста обоих слагаемых становятся равными (в начале первое растет быстрее второго) — потеря на поиск максимальна. Дальнейший рост  $T$  приводит к снижению  $D$ . Заметим, что экстремум функции  $D(T)$  наступает при таких значениях  $T$ , где системы является неустойчивой, так что рабочим является участок до экстремума.  $D$  как функция скорости поиска ведет себя аналогично.

Определение в общем виде  $A$ , входящих в выражения (13) и (14), связано с решением трансцендентных уравнений, что затруднительно, поэтому амплитуды  $A$  были получены в широком диапазоне изменений параметров системы на цифровой вычислительной машине «Раздан» и приведены в работе в виде таблиц и графиков.

Для случая, когда линейная часть представляет собой последовательно включенные звено запаздывания и звено первого порядка, показана методика определения потери на поиск при помощи выражений (13) и (14).

Таким образом, динамические свойства объекта управления увеличивают потерю на поиск в системе.

Дрейф экстремума в инерционной системе приводит к дополнительному росту потери на поиск по сравнению с установившимся режимом. Так, если линейная часть является звеном запаздывания, а смещение экстремума происходит по линейному закону, то потеря на поиск определяется выражением

$$D = \frac{\kappa}{3}(A_1^2 - A_1 A_2 + A_2^2). \quad (15)$$

Амплитуды  $A_1$  и  $A_2$  определяются выражениями

$$A_1 = A_0 + (a - v_r)\tau \pm \frac{v_B}{2\kappa(a - v_r)}, \quad (16)$$

$$A_2 = A_0 + (a + v_r)\tau \pm \frac{v_B}{2\kappa(a + v_r)}.$$

Как видно, дрейф вызывает «перекося» амплитуды входа (при его отсутствии  $A_1 = A_2 = A$ ). Подставляя  $A_1$  и  $A_2$  из выражения (16) в выражение (15) и считая дрейф характеристики вверх и вниз равновероятным, получим



$$D = \frac{\kappa(A_0 + a\tau)^2}{3} + \frac{\kappa v_r^2 \tau^2}{3} + \frac{v_B^2(a^2 + 3v_r^2)}{12\kappa(a^2 - v_r^2)^2} \quad (17)$$

Отметим, что в этом выражении  $D$  как функция  $a$  имеет экстремум-минимум; при значениях  $a$ , близких к  $v_r$ ,  $D$  определяется, главным образом, последним слагаемым; при прочих значениях  $a$  — первым слагаемым. Аналитическое определение оптимального значения  $a_{\text{опт}}$  скорости поиска, при которой потеря  $D$  минимальна, связано с решением уравнения седьмой степени, что весьма затруднительно, поэтому  $a_{\text{опт}}$  проще определять подбором.

Если линейная часть представляется звеном первого порядка, то при схеме замещения объекта НЛ потеря определяется выражением

$$D = \frac{\kappa}{3}(A_1^2 - A_1 A_2 + A_2^2). \quad (18)$$

В данном случае функция  $D(a)$  также имеет экстремум-минимум. При схеме замещения ЛН потеря на поиск определяется выражением

$$D = \frac{\kappa}{3}(A_1^2 - A_1 A_2 + A_2^2) + \kappa v_r^2 T^2 + \kappa v_r^2 T(A_2 - A_1) - \frac{2\kappa T^2 A_0(a^2 - v_r^2)}{A_1 + A_2}, \quad (19)$$

В этом случае функция  $D(a)$  имеет два экстремума: экстремум-минимум, обусловленный первым слагаемым, и экстремум-максимум, обусловленный последним слагаемым.

Для случая, когда линейная часть — последовательно соединенные звено запаздывания и звено первого порядка, показана методика определения  $D$  с помощью выражений (18) и (19). Амплитуды  $A_1$  и  $A_2$  определяются с помощью таблиц и графиков, приведенных в работе.

Таким образом, дрейф экстремума и динамические свойства объекта управления увеличивают потерю на поиск в системе с запоминанием экстремума. Если система безынерционная, а дрейф экстремума имеет постоянную скорость, то потеря на поиск тем меньше, чем больше скорость поиска. В инерционной системе, в установившемся режиме (характеристика не дрейфует) потеря на поиск тем меньше, чем меньше скорость поиска; в условиях дрейфа экстремума существует оптимальное значение скорости поиска, при котором потеря минимальна.

В конце главы приводится последовательность расчета настроечных параметров системы.

Четвертая глава посвящена экспериментальному исследованию основных режимов работы системы. Экспериментальная проверка теоретических результатов, полученных в двух предыдущих главах, была проведена путем математического и физического моделирования.

#### Моделирование системы на аналоговой вычислительной машине

Объект управления моделировался на машине МПТ-9 в комплекте с набором нелинейных блоков. Запаздывание вводилось с помощью электронного блока запаздывания. Регулятором являлся промышленный регулятор ЭРБ. Запись графиков велась с помощью двухкоординатного регистрирующего прибора ДРП-2. Потеря на поиск определялась с помощью интегрирующего усилителя и счетчика времени.

Результаты моделирования приведены в работе в виде графиков и таблиц, из которых видно, что система работала устойчиво, если ее параметры выбирались в соответствии с условиями устойчивости, полученными во второй главе. В остальных случаях система теряла устойчивость. Потеря на поиск отличалась от расчетной не более, чем на 10%, что укладывается в погрешность машины.

#### Экспериментальное исследование работы системы на физической модели

В этом случае моделью объекта управления являлся магнитный усилитель серии ТУМ, регулятором — промышленный регулятор ЭРБ. Запись кривых и определение потери на поиск проводились так же, как и в предыдущем случае.

На первом этапе эксперимента были получены статическая и динамические характеристики объекта. Затем обе характеристики были обработаны: статическая в области экстремума аппроксимирована уравнением квадратичной параболы, а по динамической определена постоянная времени объекта.

Магнитный усилитель имеет схему замещения типа ЛН, поэтому для определения области устойчивых значений скорости поиска  $a$  было использовано выражение (7). Из найденной области устойчивых значений были выбраны три (два близких к краям, а одно в середине области) и для них с помощью выражения (19) определена потеря на поиск. Окончательно было принято то значение  $a$  из трех, при котором потеря на поиск меньше.

На втором этапе эксперимента были получены графики процесса поиска при выбранных параметрах системы.



На третьем этапе была определена экспериментальная потеря на поиск, которая отличалась от расчетной примерно на 17%. Это расхождение объясняется, прежде всего, неточностью аппроксимации статической (главным образом) и динамической характеристик магнитного усилителя, а также погрешностью интегрирующего усилителя и других элементов системы.

Результаты физического моделирования показали, что скорость поиска, выбранная в соответствии с условиями устойчивости, полученными в работе, обеспечивает устойчивую работу системы. При этом потеря на поиск даже при довольно грубой аппроксимации статической характеристики объекта достаточно близка к расчетной. В случаях более точной аппроксимации характеристики расхождение между расчетной потерей на поиск и фактической, очевидно, будет меньше.

### Выводы

В процессе исследований, проведенных в работе, получены следующие основные результаты.

1. Для безынерционной системы показано, что в условиях дрейфа экстремума скорость поискового изменения входной величины объекта должна быть выбрана с учетом скорости дрейфа. Предложено аналитическое выражение, позволяющее выбрать скорость поиска, исходя из условий устойчивости.

2. Показано, что в системе с инерционным объектом управления могут возникать ложные реверсы, приводящие систему к потере устойчивости. Для систем с двумя видами схем замещения объекта предложены аналитические зависимости, позволяющие выбрать скорость поисковых воздействий, исходя из требования устойчивой работы системы.

3. В системе с инерционным объектом в условиях дрейфа статической характеристики последнего в общем случае опасность возникновения ложных реверсов возрастает. Показано, что скорость поиска в этом случае ограничена с двух сторон: снизу — скоростью дрейфа экстремума, а сверху — инерционностью и запаздыванием объекта, а также скоростью дрейфа экстремума. Предложены аналитические выражения и графики, позволяющие выбрать скорость поискового изменения входной величины объекта из области устойчивых ее значений.

4. Показано, что в безынерционной системе в условиях линейного дрейфа экстремума потеря на поиск в общем случае возрастает. Предложено аналитическое выражение, позво-

ляющее определить потерю на поиск в такой системе в режиме слежения системы за смещающимся экстремумом.

5. Исследовано влияние динамических свойств на величину потери поиска при двух видах схем замещения объекта и предложены простые аналитические выражения, позволяющие определить потерю на поиск.

6. Исследовано влияние динамических свойств и дрейфа статической характеристики объекта управления на потерю поиска в режиме слежения за смещающимся экстремумом и предложены аналитические выражения, позволяющие определить потерю на поиск. Показано, что в этом случае существует оптимальное значение скорости поиска, соответствующее минимуму потери на поиск. Аналитическое определение оптимальной скорости поиска связано со значительными трудностями, поэтому определение последней проще производить подбором.

7. Проведено моделирование основных режимов исследуемой системы на аналоговой вычислительной машине. Полученные при этом данные подтвердили результаты аналитических исследований.

8. Исследована экстремальная система с физической моделью объекта управления и промышленным регулятором, на примере которой показана методика выбора скорости поиска и определения потери поиска в системе по полученным в работе аналитическим выражениям и графикам.

Результаты исследования могут быть использованы при расчетах одномерных экстремальных систем, а также для проверки эффективности (целесообразности) их осуществления.

### Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах

1. Миронов И. С., Никульча И. П., Платонов П. Н. К исследованию самонастраивающихся систем с запоминанием экстремума.—Тезисы докладов XXVIII научной конференции ОТИ им. М. В. Ломоносова, 1966.

2. Миронов И. С., Никульча И. П., Платонов П. Н. О синтезе самонастраивающихся экстремальных систем, действующих по способу запоминания.—Тезисы докладов Республиканской межвузовской научно-технической конференции по вопросам радиоэлектроники и автоматики. Секция автоматики и технической кибернетики. Львов, 1967.

3. Миронов И. С., Никульча И. П., Платонов П. Н. К вопросу об устойчивости экстремальных систем с запоминанием экстремума. — «Автоматика», № 2, 1968.



4. Миронов И. С., Никульча И. П. К исследованию экстремальных систем, действующих по способу запоминания.—В научно-техническом сборнике: Автоматизация производственных процессов, вып. 6, 1968.

5. Миронов И. С., Никульча И. П. К расчету экстремальных систем. — В сб.: Вопросы теории и применения самонастраивающихся систем. Изд. «Техника», 1968 (в печати).

**По материалам диссертации сделаны доклады:**

1. На Украинской межвузовской школе по технической кибернетике. Одесса, сентябрь 1966 г.

2. На XXVIII и XXIX научных конференциях ОТИ им. М. В. Ломоносова. Одесса, март 1966 г., апрель 1967 г.

3. На Республиканской межвузовской научно-технической конференции по вопросам радиоэлектроники и автоматики. Львов, май-июнь 1967 г.

4. На объединенном заседании кафедр автоматики и телемеханики и механизации и автоматизации производства Одесского технологического института им. М. В. Ломоносова, апрель, 1968 г.

5. На заседании Одесского городского семинара по кибернетике и автоматическому управлению. Одесса, апрель 1968 г.

V 001468