Министерство приборостроения,
средств автоматизации и
систем управления СССР

Академия наук СССР

Институт автоматики и телемеханики
(технической кибернетики)

На правах рукописи

СТЕФАНЮК В. Л.

КОЛЛЕКТИВНОЕ ПОВЕДЕНИЕ АВТОМАТОВ И ЗАДАЧА УСТОЙЧИВОГО ЛОКАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ СВЯЗИ

(Специальность 255 — техническая кибернетика)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКВА — 1968

Диссертация посвящена применению и развитию некоторых методов теории игр / коллективного поведения / автоматов в приложении к задаче о выборе мощностей в коллективе радиостанций, создающих взаимные помехи. В частности, в диссертации аналитически рассмотрены некоторые игры автоматов с непрерывным множеством действий, отвечающие различному выбору функции штрафа автомата при заданном характере взаимодействия автоматов между собой.

Это взаимодействие обладает следующими свойствами. Предполагается, что каждый член рассматриваемого коллектива в момент t совершает действие $\mathcal{E}_i(t)$, $0<\mathcal{E}_i<\infty$, и в этот момент ему становится известной величина, показывающая насколько эффективно применение этого действия в данном коллективе. Этот "эффект" определяется совокупностью действий, предпринятых в тот же момент всеми членами коллектива, причем таким образом, что увеличение $\mathcal{E}_i$ при неизменных действиях остальных участников приводит к его увеличению. В то же время увеличение $\mathcal{E}_j$, $j \neq i$, при неизменном $\mathcal{E}_i$ приводит к его уменьшению. В диссертации рассматривается одна из простейших зависимостей "эффекта" от действий $\mathcal{E}_1, \ldots, \mathcal{E}_n$, обладающая указанным свойством.

Взаимодействия такого рода хорошо известны в математической экономике. Можно например рассматривать величину дохода, получаемого предприятием при выпуске в продажу $\mathcal{E}_i$ продукции, предполагая при этом, что остальные предприятия поставляют на рынок тот же товар, но в количестве $\mathcal{E}_j$, $j=1,\ldots,n$.

Известны исследования по искусственному созданию аналогичной ситуации при подборе людей годных к совместной деятельности в условиях длительной изоляции / проверка на так называемую психо-физиологическую совместимость /.

Михаил Львович Цетлин впервые обратил внимание на то, что иногда "поведенческие" аспекты, характерные для игр коллективов автоматов, возникают и в казалось бы далеких от поведения живых существ сугубо технических задачах.

В настоящей диссертации изучается одна из таких задач: проблема устойчивого локального управления уровнями мощности в сети радиостанций. В этой задаче $\mathcal{E}_i$ - мощность, развиваемая i -м передатчиком, а величиной, говорящей об эффективности использования определенного уровня мощности в данном коллективе радиостанций, является отношение сигнала к шуму. Хотя повидимому большая часть постановок и результатов, содержащихся в диссертации, непосредственно приложима и к экономике и к проблемам группового поведения, все рассмотрение ведется применительно к указанной задаче регулировки мощности. А поскольку эта задача представляет самостоятельный интерес для современных систем связи, то там где это показалось необходимым, приняты во внимание и специфические особенности, характеризующие, быть может, только эту конкретную проблему.

Диссертация состоит из введения, трех глав и двух приложений.

Введение

Работа современной системы связи, в частности сети радиосвязи, является посуществу фнкционированием взаимодействующих

устройств, выполняющих своеобразные задачи перераспределения информации. Для этих систем типичны нестационарность обстановки, отсутствие ряда априорных сведений о системе и необходимость выбора характеристик работы для каждого отдельного устройства в зависимости от действий остальных. Эти особенности сближают работу системы связи с поведением / играми / коллективов автоматов.*

В настоящее время широкое распространение получают сети радиосвязи, в которых несколько связывающихся между собой пар радиостанций используют для передачи информации один и тот же канал связи. Это обусловлено достаточно высокой "плотностью" радиостанций, при которой частотно-временных возможностей эфира становится недостаточно, чтобы сделать работу отдельных каналов связи полностью независимой.

Следует отметить, что теоретическое изучение таких сетей, где заметную роль начинают играть внутрисистемные помехи, порой встречает значительные трудности, обусловленные тем, что традиционные методы анализа систем связи - вычисление и оптимизация пропускной способности или отношения сигнала к шуму - требуют весьма детальных сведений о структуре и свойствах узлов и каналов сети. Поэтому наиболее распространены такие методы исследования как моделирование сетей на ЭВМ и реальное моделирование.

---

* С областью теории игр автоматов можно познакомиться, например, по диссертации М.Л.Цетлина "Конечные автоматы и моделирование простейших форм поведения", Москва - 1964г.

Оказывается при применении к решению некоторых задач, возникающих в таких сетях связи, идеологии игр / коллективного поведения / автоматов, когда сеть радиосвязи представляется в виде совокупности автоматов с определенным образом сформулированными правилами игры, в некоторых случаях удается отказаться от ряда априорных сведений о системе в целом. Действительно, в теории игр автоматов, развитой в работах М.Л.Цетлина и его последователей, предполагается, что автоматам заранее не сообщается матрица игры. Тем не менее игра таких автоматов протекает в ряде случаев так же как аналогичная матричная игра фон-Неймана - Моргенштерна, где матрица игры с самого начала известна игрокам.

Это объясняется двумя факторами: применением в качестве игроков устройств, обладающих "целесообразным" поведением, и замены статической ситуации классической теории игр динамической, когда автоматы в процессе игры получают необходимые сведения о матрице игры.

В настоящей диссертации игры коллективов автоматов с произвольным числом участников используются для получения устойчивого выбора мощностей в сети радиостанций, при неполной информации о структуре и состоянии всей сети, в которой существенную роль играют перекрестные помехи, возникающие между различными каналами сети, тем большие, чем выше мощности, развиваемые передатчиками каждого из каналов.

Можно указать на два обстоятельства, отличающие определенным образом игры, изучаемые в диссертации, от игр, известных по литературе: 1. Автоматы, участвующие в игре, не являются конечными, а обладают непрерывным множеством действий. Поэтому

поведение таких автоматов может быть описано на языке дифференциальных уравнений. 2. Рассматриваемые игры уже не являются, вообще говоря, однородными.

Математическая модель сети радиостанций подробно описана и исследована в первой главе диссертации.

Глава 1

По модельному предположению сеть состоит из n пар приемник-передатчик, причем вообще говоря каждый передатчик создает помехи приемникам всех других пар сети. Предполагается, что отношение шум/сигнал на входе приемника i-й пары в момент времени t представляется в виде

$$\lambda_i(t) = \frac{N_i + \sum_{j\neq i}^{n} a_{ij}\,\mathcal{E}_j(t)}{a_{ii}\,\mathcal{E}_i(t)} \qquad (i=1,\dots,n),$$

где N_i - мощность аддитивного шума на входе приемника, $a_{ij}\mathcal{E}_j$ - эквивалентная шумовая мощность, поступающая на вход i-го приемника от j-го передатчика /"чужого"/ ; в модели она связана с мощностью $\mathcal{E}_j$ постоянным коэффициентом $a_{ij} \geqslant 0$, $i\neq j$, $i,j=1,\dots,n$, аналогично, $a_{ii}\mathcal{E}_i$ есть полезная мощность, поступающая от "своего" передатчика. Заметим, что достаточно произвольную сеть радиосвязи можно представить в виде совокупности сетей описанного типа, где связи считаются попарными и односторонними.

Из приведенного выражения следует, что лишено смысла раз навсегда выбирать мощность передатчика, поскольку качество связи в данном канале зависит от степени взаимодействия между каналами. Поэтому мы будем рассматривать сети радиосвязи, в которых мощности передатчиков можно изменять / регулировать /.

Идея регулировки мощности обсуждалась в ряде работ, где выяснялись условия, при которых соответствующий выбор мощностей передатчиков может привести к улучшению характеристик связи на сети в целом. В диссертации же главное внимание уделено тому факту, что в реальных условиях радиосвязи каждая радиостанция выбирает уровень мощности независимо от других и располагает весьма скудной информацией обо всем коллективе радиостанций. Известные ей локальные сведения заключаются в двух величинах: собственной мощности и отношении шум/сигнал на входе своего приемника.

Заметим, что при независимой регулировке мощности, осуществляемой на каждом передатчике, вообще говоря, возможны неустойчивые, лавинные режимы. Действительно, предположим например, что передатчик одной из пар с целью улучшить качество радиосвязи увеличил мощность, излучаемую в антенну. Тогда остальные пары отреагируют на увеличение шума на входе их приемников также увеличением излучаемой мощности. В результате "качество" приема в первой паре радиостанций может даже ухудшиться по сравнению с исходным.

Таким образом, в коллективе радиостанций, создающих взаимные помехи, особую роль приобретает выяснение возможности получения устойчивых режимов локальной регулировки мощности.

В одиночном канале связи можно заранее "заказать" любое отношение шум/сигнал и выбором уровня мощности его добиться. Совершенно иное дело в коллективе радиостанций: оказывается, наличие коллектива приводит к ограничению на возможные в этом коллективе векторы $(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ отношений шум/сигнал. В первой главе доказано, что достижимыми в коллективе радиостанций, заданном матрицей величин $\| a_{ij}^{(n)} \|$, являются лишь

векторы, принадлежащие некоторой связной области Λ^n, которая не совпадает со всем положительным ортантом $\mathcal{P}$ n - мерного пространства отношений шум/сигнал. Эта область определяется условием положительности всех главных миноров матрицы $\mathcal{M}^n(\vec{\lambda})$ с элементами $\lambda_i a_{ii}$, $i=1,\dots,n$, $-a_{ij}$, $i \neq j$, $i,j=1,\dots,n$.

Здесь же найдено уравнение границы области Λ^n для случая, когда матрица $\| a_{ij}^{(n)} \|$ неразложима / неразложимый коллектив/, и доказано выполнение необходимых условий устойчивости локального выбора заданного качества связи.

Основой для написания главы 1 диссертации послужила работа [1].

Глава II

Поскольку величина отношения шум/сигнал λ_i характеризует качество приема в i-й паре радиостанций, то естественно рассмотреть следующую задачу регулировки мощности, постановка которой содержится во второй главе диссертации. Пусть на каждом передатчике можно изменять мощность $\mathcal{E}_i(t)$ и пусть на i-м передатчике точно известны в каждый момент $\mathcal{E}_i(t)$ и $\lambda_i(t)$. Пусть, наконец, каждой паре задано положительное число λ_i° -"желаемое" отношение шум/сигнал. Требуется указать такой алгоритм локального изменения мощности, осуществляемого независимо на каждом передатчике, который обеспечивает стремление $\lambda_i(t)$ к λ_i° при $t \to \infty$ для всех $i = 1, \dots, n$.

В § 1 главы II предлагается конструкция автомата регулировки мощности, который, грубо говоря, повышает мощность передатчика, если отношение шум/сигнал больше желаемого, и понижает ее в противоположном случае.Действием автомата является уровень мощности ε_i , реакцией окружающей среды - величина λ_i . Можно говорить об игре / коллективном поведении / таких автоматов, в которой среда для каждого автомата определяется действиями других автоматов по приведенной выше формуле.

Поскольку эти автоматы имеют непрерывное множество состояний, совпадающее со множеством действий, то их коллективное поведение описывается системой дифференциальных уравнений.

Показано, что несмотря на весьма небольшую информацию о коллективе, имеющуюся в автоматах / каждому автомату сообщаются лишь $\varepsilon_i(t)$, $\lambda_i(t)$ / , полностью независимую работу, такая игра автоматов приведет к тому, что при $\vec{\lambda}^\circ \in \Lambda^n$ с течением времени $\vec{\lambda}(t) \to \vec{\lambda}^\circ$. В случае $\vec{\lambda}^\circ \notin \Lambda^n$ / решение поставленной задачи принципиально невозможно / такие автоматы развивают все большую мощность, но, конечно, указанный вектор не достигается.

В §2 главы II диссертации также решается задача поддержания коллективом автоматов наперед заданного отношения шум/сигнал, однако здесь предполагается, что каждому автомату в момент t сообщается мощность передатчика $\varepsilon_i(t)$ и отношение шум/сигнал в момент $t-\tau$. Рассмотрение такой модели вызвано следующими соображениями.

Легко видеть, что регулировка мощности должна осуществляться медленно, точнее медленнее характеристических времен изменения мгновенной мощности передатчика, связанного с прохождением сигнала, несущего информацию. В этом смысле описанная регулировка мощности есть управление сетью связи.

По этой причине на входе приемника можно поместить тот или иной фильтр с достаточно большой постоянной времени ,

который будет сглаживать флуктуации величин, вызванные прохождением сигнала и шумами в канале связи. Поэтому можно считать, что статистическая природа шумов и сигналов на поведении коллектива автоматов не сказывается и решать детерминированную задачу. Однако остается эффект, которым пренебречь нельзя - это запаздывание в канале обратной связи.

В § 2 изучается финальная устойчивость поведения коллектива автоматов регулировки мощности, конструкция которых близка к конструкции автоматов предыдущего параграфа.

Из результатов предыдущего параграфа следует, что при $\vec{\lambda}^\circ \in \Lambda^n$ и $\tau \to 0$ коллектив автоматов обеспечивает устойчивый выбор вектора $\vec{\lambda}^\circ$. Тогда представляет интерес найти наибольший интервал по τ , при изменении от нуля, такой, чтобы в пределах этого интервала сохранялась указанная устойчивость.

Приведем результат исследования системы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, которая описывает поведени во времени коллектива автоматов регулировки мощности.

При $\vec{\lambda}^\circ \in \Lambda^n$ автоматы обеспечивают устойчивый выбор вектора $\vec{\lambda}^\circ$, если запаздывание удовлетворяет условию $2\varkappa\tau < 1$. Здесь $\varkappa$ - параметр, входящий в конструкцию автомата и характеризующий скорость регулировки мощности. Приведенное неравенство позволяет считать, что параметр $\varkappa$ носит смысл величины обратной памяти автомата.

Подчеркнем, что это неравенство не зависит от числа радиостанций в коллективе , так что и при наличии запаздывания задачу можно решать, оперируя лишь локальными сведениями о сети.

Этот результат получен с использованием следующей леммы, относящейся к матрицам с неположительными недиагональными элементами и с единичными диагональными элементами. Доказано, что если действительные части всех характеристических чисел этой матрицы положительны, то все ее характеристические числа расположены внутри круга единичного радиуса, центр которого помещен в точку 1 на комплексной плоскости.

Однако, используя теорему М.Пароди, результат этого параграфа можно распространить и на случай различных запаздываний в различных каналах связи. Оказывается, основные выводы, полученные в предположении об одинаковых запаздываниях, сохраняются / см. Приложение А /.

В приложении Б указывается, при какой естественной организации работы каналов обратной связи результаты, полученные в диссертации, непосредственно применимы к реальной ситуации. Эта организация учитывает, что управление мощностью требует достаточно малой полосы частот.

Основные постановки и результаты второй главы диссертации можно найти в работе [2].

Глава Ш

Задача, рассмотренная в главе П, является посуществу попыткой обобщить на случай коллектива радиостанций естественную для одиночного канала связи задачу получения определенного качества связи.

Однако результаты этой главы показывают, что при локальности сведений о сети, имеющихся на передатчике, выбор заданного отношения шум/сигнал не является вполне приемлемым критерием регулировки мощности, так как при некоторых условиях в сети возможны неустойчивые режимы регулировки мощности, когда мощности передатчиков начинают неограниченно нарастать.

В главе Ш диссертации изучается регулировка мощности,

которая при той же информации, доступной передатчику, приводит к устойчивому выбору некоторых мощностей в любом коллективе радиостанций.

Это достигается тем, что , регулируя мощность, передатчик выбирает не заранее заданное или "наилучшее" отношение шум/сигнал, а ограничивается приемлемым в данных условиях качеством связи. Формально эта задача решается путем введения на каждом передатчике локального критерия регулировки мощности C_i. Попрежнему предполагается, что i-му передатчику / автомату / известны лишь $\lambda_i, \mathcal{E}_i$ и что, следовательно, величина C_i зависит только от них и, быть может, от параметра, который заранее известен на передатчике. Связанный с i-м передатчиком автомат должен в определенном смысле минимизировать C_i посредством выбора соответствующего уровня мощности.

Примером локального критерия может служить разность $|\lambda_i(t)-\lambda_i^{\circ}|$. В главе П показано, что описанный там коллектив автоматов обеспечивает стремление этой величины к нулю для всех i, когда $t\to\infty$, если только $\vec{\lambda}^{\circ}\in\Lambda^n$. Однако работать по такому критерию можно не во всех коллективах: при фиксированном векторе параметров $\vec{\lambda}^{\circ}$, определяющих этот критерий, всегда найдется такой коллектив радиостанций, что разность $|\lambda_i(t)-\lambda_i^{\circ}|$ не будет стремиться к нулю ни при каком уровне мощности. В последнем случае мощности радиостанций при $t\to\infty$ неограниченно растут.

Поэтому нам показалось интересным рассмотреть другие локальные критерии регулировки мощности.

Принятый в главе Ш метод исследования состоит не в выборе конструкций автоматов, объединяемых в игру, как в главе П, а в доказательстве существования и единственности точек Нэша в соответствующих играх. Тогда естественно предполагать, что можно построить такие автоматы, коллективное поведение которых обеспечит глобальную устойчивость выбора мощностей.

Естественный путь синтеза локального критерия регулировки мощности в произвольном коллективе радиостанций, состоит в введении определенной "цены" на мощность, развиваемую передатчиком.

В § 1 главы Ш рассмотрен критерий, который может быть задан формулой

$$C_i = \lambda_i(\mathcal{E}_1, \dots, \mathcal{E}_n) + \alpha_i \mathcal{E}_i \qquad (i=1,\dots,n),$$

где α_i - фиксированный положительный параметр, заранее выбираемый на каждом передатчике в отдельности.

Показано, что партии Нэша игры автоматов, для которых указанная величина является функцией штрафа, определяются условием

$$\frac{\partial C_i(\mathcal{E}_1,\dots,\mathcal{E}_n)}{\partial \mathcal{E}_i} = 0 \qquad (i=1,\dots,n).$$

/ Оказывается, величина $\dfrac{\partial^2 C_i(\mathcal{E}_1,\dots,\mathcal{E}_n)}{\partial \mathcal{E}_i^2}$ всегда положительна /.

Доказана теорема, что каков бы ни был коллектив радиостанций, любому набору положительных параметров $(\alpha_1,\dots,\alpha_n)$ из положительного ортанта $\vec{\alpha}$ -пространства соответствует в точности одна партия Нэша в указанной игре.

При работе по такому критерию приходится отказаться от естественного для одиночного канала связи требования получить

заданное отношение шум/сигнал, но такой критерий удобен тем, что в любом коллективе он обеспечивает устойчивость выбора мощности.

Критерии такого типа обладают недостатком, связанным с тем, что автоматы не различают шумы "коллективные" и шумы "аддитивные". Поэтому, например, если взаимодействие в коллективе отсутствует, но i -му автомату это неизвестно, то попрежнему в результате регулировки мощности по этому критерию будет получено отношение шум/сигнал, величину которого заранее предсказать принципиально нельзя.

Рассмотрим произвольный коллектив автоматов регулировки мощности, в котором $\mathcal{E}_i(t)$, $\lambda_i(t)$ - действие и значение входной переменной i-го автомата в момент t, а $C_i(\mathcal{E}_i, \lambda_i, \alpha_i)$ - есть его функция штрафа, зависящая явно лишь от $\mathcal{E}_i$, λ_i. Здесь α_i - некоторый числовой параметр, задаваемый на каждом передатчике в отдельности.

Доказано, что не существует такого критерия $C_i(\mathcal{E}_i, \lambda_i, \alpha_i)$, который а/ в произвольном коллективе, заданном матрицей $\| a_{ij}^{(n)} \|$, обеспечивал бы существование равновесной партии Нэша, удовлетворяющей системе уравнений

$$\frac{\partial}{\partial \mathcal{E}_i} C_i(\mathcal{E}_i, \lambda_i(\mathcal{E}_1,\dots,\mathcal{E}_n), \alpha_i) = 0 \qquad (i=1,\dots,n),$$

и б/ при отсутствии взаимодействия / $a_{ij}=0,\ i\neq j$ / давал бы такую равновесную точку, в которой равновесное отношение шум/сигнал есть некоторая наперед выбранная величина, не зависящая от уровня аддитивного шума, имеющегося в этом случае на входе приемника.

Оказывается при той же информации о сети, доступной передатчикам, можно построить игру автоматов, имеющую другую точку Нэша. Автоматы, участвующие в этой игре в состоянии отличать аддитивные шумы от шумов, доставляемых партнерами по коллективу, и поэтому предыдущая теорема теряет силу.

Дело в том, что используя исследованные в главе II диссертации автоматы, обеспечивающие выбор наперед заданного отношения шум/сигнал / когда это принципиально возможно / , можно пытаться строить игру автоматов, в которой действием i-го автомата в момент времени t является величина отношения шум/сигнал $\lambda_i(t)$.

В § 2 главы Ш исследуется так называемый эластичный критерий

$$C_i = \lambda_i - \frac{\delta_i^2}{\mathcal{E}_i} \frac{\partial \mathcal{E}_i(\lambda_1, \dots, \lambda_n)}{\partial \lambda_i} \qquad (i=1,\dots,n)$$

/ здесь δ_i - параметр / с партией Нэша, удовлетворяющей уравнению

$$\frac{\partial C_i(\lambda_1, \dots, \lambda_n)}{\partial \lambda_i} = 0 \quad , i=1,\dots,n.$$

Работая по такому критерию, i-й автомат понижает отношение шум/сигнал λ_i до тех пор, пока незначительное уменьшение этой величины не потребует слишком большого приращения мощности передатчика.

Доказано, что в любом невзаимодействующем коллективе радиостанций автоматы, работающие по такому критерию, выбирают отношение шум/сигнал равным $|\delta_i|$, Для $n=2$ и $n=3$ показано, что в произвольном коллективе радиостанций, при любом выборе вектора параметров $(\delta_1, \dots, \delta_n)$, определяющих критерий на каждом передатчике, автоматы, работающие по эластичному критерию, обеспечивают существование единственной устойчивой по Нэшу партии.

Эластичный критерий, обладая всеми достоинствами критерия рассмотренного в предыдущем параграфе, удовлетворяет также требованию получения наперед заданного отношения шум/сигнал при отсутствии взаимодействия в коллективе.

Содержащаяся в § 2 главы Ш геометрическая интерпретация поясняет смысл названия этого критерия: любое изменение степени взаимодействия радиостанций, приводящее к увеличению / уменьшению / области Λ^n , приводит к уменьшению / увеличению / отношений шум/сигнал.

В последнем параграфе главы Ш изложены некоторые соображения, показывающие, какой предварительной организацией коллектива автоматов можно обеспечить работу радиостанций по этим критериям. В частности показано, что в случае эластичного критерия приходится использовать "двухэтажную" конструкцию автомата. Первый этаж - автомат, выдерживающий заданное отношение шум/сигнал, второй этаж проверяет значение критерия и ставит задание первому этажу.

Основные результаты главы Ш кратко изложены в [3] .

<u>Выводы</u>

1. В системах, состоящих из некоторого числа взаимодействующих компонент, каждая из которых имеет самостоятельную задачу и собственные интересы, естественно возникает задача "локального" управления такой системой. Характерным примером может служить система из n пар одноадресных радиостанций, создающих взаимные помехи. В рассмотренной модели уровень взаимных помех определяется матрицей величин $a_{ij} > 0$, которые зависят от расстояния между радиостанциями, направлен-

ности антенн, разворота антенн относительно друг друга, степени пересечения диапазонов частот, наличия в системе линейных ретрансляторов / пассивных или активных / и т.д.

2. При локальной регулировке мощности в коллективе радиостанций возможно возникновение неустойчивых лавинных режимов. Поэтому возникает важная проблема нахождения устойчивых локальных методов регулировки мощности и условий их применимости.

3. В коллективе взаимодействующих друг с другом радиостанций вектор отношений шум/сигнал может пробегать некоторую область Λ^n / определяемую матрицей $\| a_{ij}^{(n)} \|$ / , заведомо меньшую, чем совокупность всех векторов с неотрицательными компонентами. Изучение свойств этой области является первой важной задачей, рассмотренной в диссертации.

4. Построен алгоритм, который для заданного вектора отношений шум/сигнал $(\lambda_1^\circ, \ldots, \lambda_n^\circ)$ приводит к выбору таких мощностей, при которых этот вектор реализуется, если только выполняется $(\lambda_1^\circ, \ldots, \lambda_n^\circ) \in \Lambda^n$. Этот алгоритм осуществляется коллективом автоматов, регулирующих мощность на основе лишь локальных сведений.

5. Рассмотрена задача о построении алгоритма / автомата / регулировки мощности в том случае, когда в канале обратной связи / дающем информацию об отношении шум/сигнал / имеются запаздывания / различные, вообще говоря, для различных пар радиостанций /.

6. Алгоритмы регулировки, основанные на задании вектора отношений шум/сигнал, обладают тем недостатком, что в случае недостижимости этого вектора в системе возникает неустойчивый режим. Устойчивую во всех условиях регулировку мощности можно получить

с помощью других алгоритмов, основанных на идее "цены" мощности / увеличение мощности считается нецелесообразным, если большое увеличение мощности приводит лишь к незначительному улучшению качества связи /.

7. Найден эластичный критерий регулировки такой, что при отсутствии взаимодействия выбирается наперед заданное отношение шум/сигнал, а при наличии взаимодействия оно начинает возрастать в соответствии с повышением уровня внутрисистемных помех. При работе по эластичному критерию приходится использовать "2-х этажные" конструкции автоматов регулировки мощности, в которых первый этаж - изученный в диссертации автомат, выдерживающий заданное отношение шум/сигнал, а второй - проверяет значение критерия и ставит задание первому этажу.

8. Понятие партий Нэша в играх автоматов с непрерывным множеством действий играет важную роль при выборе и изучении свойств локальных критериев регулировки мощности. При этом некоторые приемы и методы теории экстремального регулирования оказываются удобными при построении конструкций автоматов с непрерывным множеством действий, предназначенных для участия в игре с заданной точкой Нэша.

7.IX.1968

Основное содержание диссертации изложено
в следующих работах:

1. В.Л.Стефанюк, М.Л.Цетлин. О регулировке мощности в коллективе радиостанций. Проблемы передачи информации, т.3, № 4, 1967.

2. В.Л.Стефанюк. Об устойчивости регулировки мощностей в сети радиостанций. Труды 3-ей Всесоюзной конференции по теории передачи и кодирования информации, секция 5, 1967.

3. В.Л.Стефанюк. Некоторые локальные критерии устойчивой регулировки мощности в коллективе радиостанций. Проблемы передачи информации, т.4, № 1, 1968.

Т-16655 от 19/XI 1968 г. Объем 1,5 п.л. Зак. 1027 Тир. 100 экз.
Типография МХТИ им. Д.И. Менделеева