

Библи.
6
А-43

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Совет секции технических наук Объединенного ученого
совета по физико-математическим и техническим наукам

На правах рукописи

Н.В. КИШТ

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР
ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВЯЗИ

Автореферат диссертации,
представленной на соис-
кание ученой степени кан-
дидата технических наук

Новосибирск
1967

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
С И Б И Р С К О Е О Т Д Е Л Е Н И Е

Совет секции технических наук Объединенного ученого
совета по физико-математическим и техническим наукам

На правах рукописи

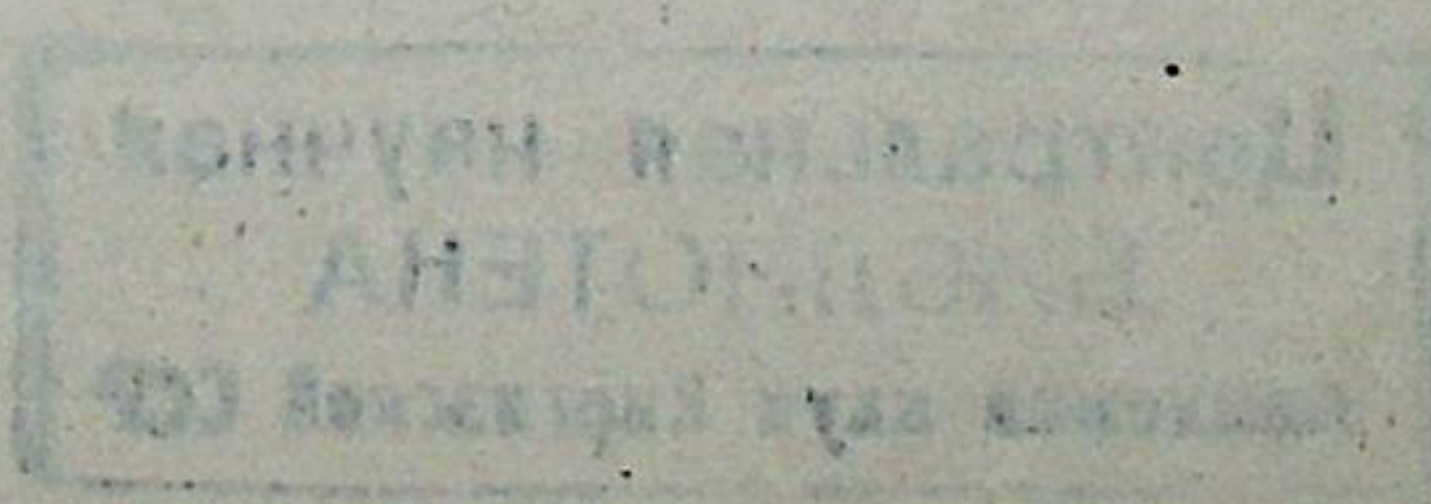
Н. В. КИШТ

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР
ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВЯЗИ

Автореферат диссертации,
представленной на соис -
кание ученой степени кан -
дидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук
В. И. Рабинович

Новосибирск
1 9 6 7



Значительное расширение круга задач, решаемых техническими системами, и повышение ответственности выполняемых ими функций выдвигают на первый план проблему обеспечения их эффективной работы. Несмотря на успехи, достигнутые в области повышения надежности, полной безотказности в работе технических систем достичь невозможно. Это объясняется естественным старением и износом элементов и усугубляется повышенной сложностью систем и тяжелыми условиями эксплуатации. Кроме того, темпы роста сложности аппаратуры значительно опережают рост ее надежности. Так как отказы объективно неизбежны, особую важность приобретают задачи своевременного, качественного, быстрого и экономичного восстановления работоспособности технических систем. По данным зарубежных источников, затраты на ремонт системы оружия на протяжении ее срока службы в 7-10 раз (а по некоторым данным, и более) превышают ее закупочную стоимость. Далее, установлено, что около 80-90% времени ремонта расходуется на отыскание неисправности. Поэтому чрезвычайно большое значение имеют исследования по изысканию эффективных и экономичных методов и средств восстановления работоспособности различного рода объектов. Задачи поиска отказов и восстановления работоспособности технических систем объединяются под общим названием "техническая диагностика".

Процесс диагностики связан с проведением ряда проверок, в которые обязательно входят операции измерения параметров или контроля признаков, характеризующих состояние системы. Кроме того, в процессе диагностики производится обработка результа-

тов измерений и контроля с целью принятия решения о состоянии системы. Таким образом, задачи, стоящие перед технической диагностикой, полностью входят в проблематику теории измерительных информационных систем, изучающей закономерности построения систем сбора и обработки измерительной и контрольной информации ж).

В технической диагностике можно выделить две группы задач. Группа задач, объектом исследования которой являются реальные технические системы, связана с анализом технических возможностей диагностики системы; со сбором и обработкой материалов, позволяющих определить распределение вероятностей различных состояний системы, закономерности проявления отказов отдельных ее элементов, и затраты, связанные с осуществлением проверок; с построением автоматических устройств диагностики конкретных систем.

Во второй группе задач непосредственно исследуется не исходный объект, а строится и исследуется некоторая его идеализированная модель, отражающая наиболее существенные (с точки зрения диагностики) стороны объекта. При этом как для контроля работоспособности, так и применительно к поиску отказов или к восстановлению работоспособности рассматриваются два связанных между собой вопроса: выделение совокупности необходимых контролируемых параметров, проверок и восстановительных операций, и построение оптимальных (в некотором заданном смысле) программ контроля параметров, проведения проверок и т.д.

Диссертация посвящена построению процедур поиска и восстановления работоспособности (оптимальность которых рассматривается с точки зрения стоимостных критериев) при наличии ошибок, возможности проверок методом замены, взаимозависимос-

ж) К.Б. Карандеев. Измерительные информационные системы и автоматика. Вестник АН СССР, 1961, № 10.

ти затрат на проверки и т.п. Эти вопросы исследуются для моделей систем, представимых в виде функционально несвязанных элементов. В качестве примера применения полученных автором теоретических результатов в диссертации излагаются некоторые результаты исследования по диагностике контрольно-регистрирующего устройства аппаратуры горючей автоматики.

Глава I.

ОБЗОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ДИАГНОСТИКИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Одним из основных этапов построения диагностических процедур для конкретной технической системы является построение математической модели этой системы. При этом исследование моделей объектов диагностики приобретает относительную самостоятельность, т.к. одна и та же модель может соответствовать различным техническим системам или классам систем независимо от их физической сущности, области применения и т.д. Известные модели объектов диагностики можно условно разделить на два типа: модели, существенно учитывающие функциональные связи в объекте, и модели, в которых на функциональные связи наложен ряд ограничений. Исследованию моделей первого типа посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых: И.А. Чегиса и С.В. Яблонского, Д.Брале, Р.Джонсона и Е. Клетского, В.В.Карибского, В.И.Перова, М.М.Синдеева, Е.С. Согомоняна, Л.С.Тимонена и других. В число основных задач при исследовании таких моделей входят поиск минимального множества проверок, выбор минимального количества контрольных точек и нахождение минимального числа и вида изменений структуры системы, необходимых для диагностики объекта. Однако с ростом рассматриваемого числа состояний и числа возможных проверок необходимый объем вычислительной работы резко возрастает, препятст-

вудя реализации решения этих задач даже на современных ЦВМ. Кроме того, в таких моделях как правило не учитываются такие первостепенной важности факторы, как вероятности различных состояний системы, возможность перемежающихся отказов, ошибок при проверках, совершаемых оператором или автоматическим оборудованием, различие в затратах времени, труда и т.п. на различные проверки, возможность проверок методом замены и т.д. Лишь в последнее время появились работы (В.С. Михалевича, Л.С. Тимонена и др.), учитывающие как функциональные связи в объекте, так и вероятностно-стоимостные соотношения, однако сложность таких задач большей частью не позволяет получить их практического решения.

В современной практике построения диагностических процедур учет целого ряда важных сторон модели объекта диагностики становится возможным только при условии, что функциональные связи в объекте учитываются не в полной мере или вообще не учитываются. Такой подход привлек внимание многих исследователей: Б.Гласса, В.Винтера, О.В. Староверова, Ю.В. Любатовца, Д.Матулы и ряда других.

В моделях объектов диагностики с ограничениями на функциональные связи предполагаются возможными проверки каждого элемента в отдельности и общая проверка всей системы. Можно считать, что такое задание множества допустимых проверок является основным свойством рассматриваемых моделей, именуемых в дальнейшем "поэлементными". Интерес к исследованию поэлементных моделей и соответствующих процедур определяется, в первую очередь, их широким распространением на практике. Это объясняется невозможностью или нецелесообразностью проверок совокупностей элементов. С одной стороны, специфика многих существующих в настоящее время методов контроля и проверок заставляет причислить их к поэлементным. Таковы, например, методы последовательного бесконтактного контроля радиоэлектронных схем (инфракрасный контроль или контроль собственных шумов), метод внешнего осмотра и т.п. С другой стороны, зачастую про-

верка несколько узлов в совокупности ведет к резкому возрастанию ее сложности; затраты в этом случае далеко не всегда окупаются увеличением получаемой информации.

Кроме того, при выборе той или иной модели объекта диагностики необходимо считаться с предельными возможностями современных вычислительных средств. Поэтому решающие правила, определяющие оптимальные поэлементные процедуры, с успехом применяются на практике в качестве "интуитивно верных" при построении процедур поиска, близких к оптимальным. Такие решающие правила рассматриваются в работах Р.Джонсона, Ю.К.Беляева и И.А.Ушакова, С.И.Ксенза и др.

В поэлементных моделях, в общем случае, заданы: "стоимость" проверки каждого элемента — обобщенный параметр, который, в зависимости от конкретных условий, может отражать затраты времени на проверку, ее трудоемкость, необходимую аппаратуру и т.п.; вероятности отказов элементов, вероятности ошибок I-го и 2-го родов при проверке каждого элемента, стоимость замены и восстановления работоспособности элемента и т.д. Здесь под ошибкой I-го рода понимается признание отказавшего элемента исправным — "пропуск" отказа; под ошибкой 2-го рода — заключение об отказе работоспособного элемента. Кроме перечисленных параметров в поэлементных моделях могут быть заданы дополнительные ограничения.

В отмеченных выше работах не нашли своего отражения многие важные вопросы. Так, в качестве критерия оптимальности выступала лишь средняя стоимость процедуры; слабо разработаны вопросы поиска при независимости отказов; не рассматривались возможности замен элементов на заведомо исправные; не анализировались вопросы поиска отказов при полном или частичном отсутствии информации о параметрах объекта диагностики и т.п.

Некоторые из этих вопросов нашли отражение в работах автора и рассмотрены в настоящей диссертации.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР ПОИСКА ОТКАЗОВ ПРИ НАЛИЧИИ ОШИБОК ПЕРВОГО РОДА

Одним из самых важных факторов, затрудняющих отыскание отказавших элементов в системе, является возможность ошибок при проверках. Эти ошибки объясняются рядом причин: наличием погрешностей измерительной и контрольной аппаратуры, сбоями автоматического диагностирующего устройства, индивидуальными особенностями человека-оператора. Кроме перечисленного, существенная доля ошибок I-го рода приходится на перемежающиеся отказы и сбои в объекте диагностики, которые, в ряде случаев, не удается обнаружить в результате однократной проверки. В силу объективной неизбежности ошибок исследование их влияние на процедуры поиска отказов представляет значительный интерес. При этом практические потребности заставляют как искать алгоритмы оптимального поиска, так и оценивать средние затраты на восстановление работоспособности. В диссертации рассматривается математическая модель объекта диагностики, предполагающая возможными ошибки I-го рода [3]. В объекте диагностики, состоящем из n элементов, считаются допустимыми любые комбинации отказов (отказы элементов независимы). Для каждого i -го элемента заданы:

- P_i - априорная вероятность отказа;
- q_i - вероятность ошибки I-го рода при проверке;
- τ_i - затраты на однократную проверку.

Полагается, что вероятность ошибок 2-го рода равна нулю. Поскольку средние затраты на восстановление работоспособности отказавших элементов от процедуры не зависят, минимизируется лишь средняя стоимость процедуры поиска. Оказывается, что процедура поиска будет оптимальной, если на каждом шаге поиска j подвергать проверке такой элемент i , для которого величина

$$\frac{P_i q_i^{m_j^{(i)}} (1 - q_i)}{\tau_i (1 - p_i)}$$

принимает максимальное значение. Здесь $m_j^{(i)}$ - число проверок i -го элемента за предыдущие $j-1$ шагов процедуры поиска. Так как процедура поиска принципиально бесконечна, т.е. существует ненулевая вероятность того, что за любое конечное число шагов все отказы не будут выявлены, расчет средних затрат на процедуры весьма затрудняется. Однако для оценки пригодности данной процедуры в тех или иных реальных условиях необходимо располагать величиной средней стоимости процедуры. Как показано автором, в общем случае по величине средних затрат на любой конечный отрезок процедуры (даже сколь угодно большой) невозможно судить о средних затратах на всю процедуру. Выявлено, что при постоянных затратах на проверки практически всякая оптимальная процедура периодична. Найдены условия, при которых периодическая процедура оптимальна, и параметры оптимальной процедуры (длина периода l , число проверок каждого элемента внутри периода l_i , и если оптимальная процедура периодична начиная не с первой проверки, шаг, с которого начинается ее периодическая часть). Получены условия оптимальности периодической процедуры в случае незначимости отказов элементов. Для оптимальной периодической процедуры удается получить в конечном виде выражение для средних затрат на оптимальный поиск. Кроме того, получено выражение для минимальных средних затрат на поиск единственного возможного отказа в объекте диагностики.

Выше в качестве критерия оптимальности процедуры выступала ее средняя стоимость. Однако в зависимости от реальной ситуации могут быть заданы и иные критерии: вероятность обнаружения отказов при заданных ограниченных затратах на поиск, стоимость обнаружения отказов с заданной вероятностью и т.п.

Во второй главе рассмотрены возможности оптимизации процедур поиска применительно к данным критериям, в частности,

к критерию "вероятность обнаружения при ограниченной стоимости поиска" [1,3] (например, при ограниченном времени). Особенно ярко проявляется необходимость такого критерия, если имеются ошибки I-го рода и поиск может производиться сколь угодно долго. В реальных условиях время поиска T всегда ограничено, причем зачастую это ограничение весьма существенно. Таким образом, необходимо определить число проверок каждого i -го элемента m_i , так, чтобы

$$\sum_i m_i \tau_i \leq T$$

и вероятность обнаружения всех отказавших элементов $P(T)$ достигла максимума. В описанной постановке задача поиска в объекте с одним возможным отказом может быть представлена в виде задачи линейного целочисленного программирования. При некоторых условиях проверка элементов в порядке, диктуемом оптимальной (в смысле средней стоимости) процедурой, максимизирует $P(T)$ при ограниченных затратах. Даются оценки для $P(T)$ сверху и снизу, причем если $T \gg \tau_i$, эти оценки близки и можно воспользоваться приближенным решением. Так, когда $T \gg \tau_i$, выполняется приближенное равенство:

$$m_1 : \dots : m_n \approx l_1 : \dots : l_n,$$

исходя из которого нетрудно найти совокупность m_i , обеспечивающих решение, близкое к оптимальному. В отдельных случаях задача оптимизации поиска может быть поставлена так: задана вероятность обнаружения всех отказов P , необходимо минимизировать стоимость обнаружения отказа с данной вероятностью $T(P)$. Естественно предполагать $P < 1$, так как стоимость обнаружения с вероятностью, равной единице, не ограничена сверху. Эта задача двойственна предыдущей, и для нее получены аналогичные результаты.

Если в объекте возможно любое число отказавших элементов, то линеаризация задач оптимизации (в смысле рассматриваемых критериев) возможна лишь при достоверных проверках. При этом условия также получены верхние и нижние оценки $P(T)$ и $T(P)$.

для первой и второй задач, соответственно. Найдены условия, когда предлагаемые решения оптимальны.

Г л а в а 3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЗАМЕНЫ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕДУР ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Замена "подозрительных" элементов на заведомо исправные играет большую роль в практике диагностики. Это объясняется тем, что замена некоторого элемента на заведомо исправный одновременно выполняет две функции: его достоверную проверку, и, если проверяемый элемент отказал, восстановление работоспособности этого элемента. Однако во многих случаях эти затраты больше затрат на проверку. Здесь возникает вопрос о рациональном применении метода замены, т.е. об оптимизации процедуры с учетом возможности таких замен. В частности, при возможности ошибок двух родов единственным способом получения достоверной информации о состоянии элемента является его замена на заведомо исправный.

В настоящее время сформулированная задача еще не нашла своего полного решения. Однако некоторая ее модификация, учитывающая вероятности ошибок 2-х родов, может быть представлена в следующем виде. В системе, состоящей из N элементов, произошел единственный отказ. Для каждого i -го элемента заданы:

- P_i - вероятность отказа;
- $q_i^{(1)}$ - вероятность ошибки I-го рода при проверке;
- $q_i^{(2)}$ - вероятность ошибки 2-го рода;

τ_i - стоимость проверки;

ρ_i - стоимость замены на заведомо исправный.

Поиск производится в два цикла, состоящих из однократной проверки каждого элемента, причем элементы, проверка которых

дала отрицательный результат, заменяются на работоспособные. Если после завершения первого цикла проверок отказ остается не выявленным, поиск возобновляется. На втором цикле вероятности ошибок принимаются равными нулю, т.к. в промежутке между циклами проверок контрольная аппаратура настраивается или калибруется. При этом оптимизация поиска на втором цикле определяется проверкой элементов в порядке невозрастания отношения вероятности отказа к стоимости проверки. На первом же цикле поиска, как показано в реферируемой работе, для проверки на каждом шаге надо выбирать элемент, обладающий максимальным отношением:

$$\frac{P_i (1 - q_i^{(1)})}{\tau_i + q_i^{(2)} P_i}$$

Задача восстановления работоспособности системы с минимальной средней стоимостью при наличии ошибок I-го рода имеет ряд специфических особенностей. Так, если, как предполагалось в главе 2, восстановление работоспособности отказавших элементов производится лишь после получения отрицательного результата проверки, то процедура восстановления работоспособности принципиально бесконечна. С практической точки зрения это может оказаться неприемлемым. Поэтому важно исследование вопроса о конечности оптимальной процедуры восстановления работоспособности в предположении возможности замен элементов, факт отказа которых достоверно не установлен. Оказывается, что в предположении независимости отказов решение вопроса о конечности процедуры сводится к решению ряда алгебраических уравнений n -й степени. Если в объекте существует лишь один отказ, то решение этого вопроса значительно упрощается, причем в оптимальной конечной процедуре все замены должны быть произведены на первом же периоде процедуры поиска. Во многих случаях оказывается целесообразным производить замену непроверенных элементов даже если проверки предполагаются достоверными [4]. Выбор между достоверной проверкой элемента с последующим, при необходимости, его восстановлением и заменой на заведомо исправный на практи-

ке обычно производится из интуитивных соображений. В главе 3 проанализированы возможности оптимизации процедуры восстановления работоспособности, если допускается указанный выбор. Оптимизация процедуры восстановления работоспособности производится как изменением порядка обслуживания элементов, так и выбором на каждом шаге способа обслуживания, т.е. выбором между проверкой элемента и его заменой. При этом в общем случае затраты на восстановление работоспособности элемента после его проверки не равны затратам на его замену без проверки P_{0i} . Критерием оптимальности является средняя стоимость процедуры. Для различных предположений о возможном числе отказов (единственный отказ и любое их число) получены необходимые условия оптимальности процедуры. Так, если $A_i = 1$ при предварительной проверке i -го элемента и $A_i = 0$ в противном случае, то оптимальный порядок проверки соответствует проверке элементов в порядке убывания величин

$$\frac{a_i \tau_i + (1 - a_i) P_{0i}}{P_i}$$

(для единственного отказа), причем для определения величины A_i также даны соответствующие соотношения. На необходимых условиях оптимальности основан предложенный алгоритм построения квазиоптимальной процедуры. При необходимости можно построить оптимальную процедуру последовательным улучшением квазиоптимальной по предложенному методу.

Глава 4

НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Изучение стоимостей проверок с целью применения этих данных для оптимизации процедур показывает, что эти стоимости во многих случаях существенно зависят от степени предшествующей и дополнительной разборки, необходимой для дан-

ной проверки, от имевшихся к моменту начала проверки коммутаций, от информации, имеющейся в результате проведения предыдущих проверок, и т.д. Иными словами, стоимость проверки зачастую зависит от того, сколько и каких проверок предшествовало данной. Таким образом, при оптимизации поиска неисправностей возникает необходимость учета взаимозависимости стоимостей проверок. Можно считать, что наибольшее влияние на стоимость некоторой проверки оказывают проверки, непосредственно ей предшествовавшие. Если, не пренебрегая функциональными связями, считать число возможных состояний системы равным u , а число возможных проверок — m , то как показано в § 4.1., сложность алгоритма построения оптимальной процедуры поиска, определяемая как число применений рекуррентных соотношений есть:

$$\lambda(u, m) = \left[\frac{m^2}{4} \right] (2^u - u - 2) + m.$$

Наложение ограничений на функциональные связи позволяет существенно упростить алгоритм построения оптимальных процедур. Именно, если рассматривать систему из n элементов, отказы которых происходят независимо, то, очевидно, возможное число состояний такой системы равно $u = 2^n$; однако использование известных аналитических выражений для средних затрат дало возможность более эффективно использовать метод динамического программирования. Предложенный алгоритм имеет сложность $\lambda(n) = n(n-1)2^{n-2} + n$. Рассмотрен также алгоритм оптимизации процедуры для случая, когда в системе возможен единственный отказ.

Есть основания полагать, что при учете ошибок и взаимозависимости затрат на проверки оптимальная процедура останется периодической, хотя вообще говоря, ее параметры могут определяться и характером взаимозависимости стоимостей проверок. Полученные в главе 2 конечные выражения для средних затрат на процедуру дают возможность построения оптимальных программ, учитывающих взаимозависимость затрат на проверки. В частности, если отказать в объекте может только один элемент, и парамет-

ры оптимальной периодической процедуры определены через вероятности ошибок при проверках, то построить такую процедуру возможно при помощи изложенного в § 4.2 алгоритма, для сложности которого $\lambda(n, \ell)$ дана оценка:

$$n^2 2^n \leq \lambda(n, \ell) < n^2 2^\ell$$

где ℓ — длина периода процедуры.

Одной из актуальных задач диагностики является оценка эффективности диагностических процедур. В большинстве практически важных задач возможно получить достаточную информацию о вероятностях отказов элементов, затратах на проверки и т.п. после проведения специальных исследований. Очевидно, что использование информации о параметрах объекта диагностики дает возможность сократить затраты на поиск неисправностей. На интуитивно оптимальные программы поиска, используемые обслуживающим персоналом, влияет много субъективных факторов, и программы, используемые различными опытными мастерами, различны и во многом случайны. Поэтому значительный интерес представляет исследование вопросов, связанных со случайным поиском. Основная из постановок задач такого рода, рассмотренных в главе 4, заключена в следующем. Исследуется поэлементная модель объекта диагностики, допускающая ошибки I-го рода. Поиск единственного отказа заключается в случайном выборе для проверки (на каждом шаге процедуры) любого из элементов, причем каждый i -й элемент подвергается проверке с вероятностью τ_i . Очевидно, что совокупность вероятностей $\{\tau_i\}$ является мерой предпочтения при выборе элементов для проверки, и ее можно считать интегральной количественной характеристикой опыта и индивидуальных особенностей обслуживающего персонала. Как показано автором, средние затраты C^* на определенный таким образом случайный поиск имеют вид:

$$C^* = \sum_i \frac{P_i}{(1-q_i)z_i} \sum_i \tau_i z_i.$$

Для различных предположений о наличии у обслуживающего персонала сведений о вероятностях отказов, затратах на проверки и т.п. получены выражения для средних затрат на поиск. Рассматривается также случай, когда при прочих равных условиях, случайная процедура считается периодической, причем все $n!$ возможных процедур равновероятны.

Найдены также формулы для средних затрат на процедуры случайного поиска при достоверных проверках.

На основе полученных результатов в предположении о достоверности проверок был поставлен статистический эксперимент на ЦВМ, имевший целью определение возможностей оптимизации по различным решающим правилам. Для разных случайных наборов стоимостей и вероятностей отказов вычислялась средняя стоимость неоптимизированной процедуры C^* , минимальная средняя стоимость \bar{C} , и средние затраты на процедуру, соответствующие отсутствию информации о затратах C_p и отсутствию информации о вероятностях отказов C_T . Эксперимент производился для $n = 10, 15, 20, 25, 30$. Для каждого значения n было произведено 5 серий по 100 испытаний, что обеспечило достаточную достоверность результатов. Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что полная оптимизация процедуры поиска дает выигрыш в средней стоимости по сравнению с неоптимизированным поиском более чем на 80%, причем проявляется тенденция к его росту с ростом n . Кроме того, даже учет только вероятностей либо только затрат на проверки дает выигрыш в 40-50%. Как явствует из ряда источников, во многих системах сокращение затрат на отыскание неисправностей в них только на 10-14% за время срока ее службы дает экономию в размере первоначальной стоимости системы. Приведенные результаты позволяют заключить, что оптимизация процесса диагностики достаточно эффективный способ сокращения затрат на обслуживание технических систем.

В четвертой главе приводятся также результаты автора [2] по исследованию модели объекта диагностики, в некоторой мере учитывающей взаимозависимость вероятностей отказов.

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АППАРАТУРЕ ГОРОЧНОЙ АВТОМАТИКИ

Рассматриваются основные вопросы построения диагностических программ применительно к разработанной в Уральском отделении ЦНИИ МПС горочной контрольно-регистрающей аппаратуре (КРУГ), которая в настоящее время функционирует на станции Юдино Горьковской железной дороги. Внедрение такого рода системы на одной сортировочной станции дает годовую экономию порядка сотен тысяч вагоно-часов. Однако высокая эффективность аппаратуры КРУГ может быть достигнута лишь при достаточном уровне ее надежности и быстром восстановлении работоспособности ее элементов. В работе по диагностике аппаратуры КРУГ выполненной при участии автора в рамках совместной работы ИАЭ СО АН СССР и Уральского отделения ЦНИИ МПС по построению диагностических программ для аппаратуры железнодорожной автоматики, нашли свое применение ряд теоретических результатов, изложенных в главах 2-4 настоящей диссертации. В главе 5 произведен подробный анализ построения диагностических программ, как предназначенных для поиска отказов оператором, так и программ, положенных в основу работы созданного в УО ЦНИИ МПС специализированного устройства для автоматического выявления перемежающихся отказов. Показано, что оптимизация неавтоматического поиска сокращает среднее время поиска более чем в 3 раза; применение оптимальных программ поиска при автоматическом выявлении перемежающихся отказов существенно не сказывается на времени поиска, однако позволяет повысить надежность контрольно-диагностирующего блока примерно в 1,6 раза. Приводятся некоторые рекомендации по построению диагностических программ для аппаратуры железнодорожной автоматики, основанные на результатах исследования возможностей диагностики аппаратуры КРУГ.

З а к л ю ч е н и е

В работе получены следующие основные результаты.

1. Показана правомерность и целесообразность углубленного исследования класса поэлементных моделей систем, существенным образом учитывающих вероятностно-стоимостные соотношения и ограничивающих функциональные связи между элементами.

2. Для модели объекта диагностики, предполагающей возможность ошибок I-го рода — пропусков отказов и независимость отказов отдельных элементов, получено решающее правило, определяющее оптимальную (в смысле средних затрат) процедуру; доказано, что оптимальная процедура практически всегда периодична и найдены параметры процедуры; в конечном виде дано выражение для средних затрат на оптимальную процедуру.

3. При анализе модели, допускающей возможность единственного отказа и ошибки I-го рода, найдено аналитическое выражение для минимальных средних затрат на поиск; применительно к критериям "вероятность обнаружения с ограниченной стоимостью" и "затраты на обнаружение с заданной вероятностью" получены оценки для максимальной вероятности и минимальной стоимости, соответственно и предложены методы построения процедур, близких к оптимальным.

4. При возможности проверок методом замены и ошибках двоякого рода определено решающее правило, задающее оптимальную процедуру и получено выражение для средних затрат на нее.

5. Даны рекомендации по использованию метода замены при наличии ошибок I-го рода и их отсутствии и сформулированы необходимые условия оптимальности процедуры восстановления работоспособности. Предложены алгоритмы построения квазиоптимальных процедур при различных предположениях о числе возможных отказов и указан метод приближения их к оптимальным.

6. Дана оценка сложности алгоритма построения оптималь-

ной процедуры при условии взаимозависимости затрат на проверки и при полном учете функциональных связей. Для поэлементных процедур предложены их оптимального построения и произведена оценка сложности.

7. Поставлена задача отыскания перемежающихся отказов при взаимозависимости затрат на проверку, дано ее решение для заданного периода и числа проверок каждого элемента внутри периода и оценена сложность этого решения.

8. Построена модель, предполагающая у обслуживающего персонала полное или частичное отсутствие информации об объекте диагностики. Получены выражения для средних затрат на случайный поиск как при наличии ошибок I-го рода, так и при достоверных проверках.

9. По результатам статистического эксперимента на ЦВМ определены предельные возможности оптимизации при достоверных проверках.

10. На основе анализа диагностических процедур для аппаратуры КРУГ показано, что их оптимизации может существенно (более чем в 3 раза) сократить средние затраты времени на отыскание неисправностей и повысить надежность контрольной аппаратуры (примерно в 1,6 раза);

Основные результаты, полученные автором по теме диссертации, опубликованы в следующих работах:

1. Н.В. К и н ш т. О критериях оптимизации процесса поиска неисправностей. Изв. СО АН СССР, серия технических наук I, 1965, № 10, вып. 3.

2. Н.В. К и н ш т. Об одной процедуре поиска неисправностей. Автометрия, 1965, № 3.

3. Н.В. К и н ш т, В.И. Р а б и н о в и ч, Л.С. Т и м о н е н. Некоторые вопросы оптимизации поиска неисправностей в сложных технических системах. Труды конференции по резервированию и контролю в системах судовой электроавтоматики, Ленинград, 1966.

4. Н.В. К и н ш т. Некоторые вопросы оптимизации восста-

новления работоспособности при проверках методом замены. Автоматика, 1966, № 4.

5. Н.В. К и н ш т, Б.П. Р у д а к о в. Использование методов технической диагностики для поиска неисправностей в аппаратуре СЦБ. Автоматика, телемеханика и связь, 1966, № 9.

По материалам диссертации автором сделаны доклады на Конференции по резервированию и контролю в системах судовой электроавтоматики (г. Ленинград) в 1966г. и на Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений (г. Новосибирск) в 1964, 1965, 1966 годах :

1. Н.В.К и н ш т. О критериях оптимизации процедур поиска неисправностей. Тезисы Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений, Новосибирск, 1964.

2. Н.В. К и н ш т. Возможности оптимизации процедуры восстановления работоспособности при проверках методом замены. Тезисы Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений, Новосибирск, 1965.

3. Н.В. К и н ш т. Об оптимальных процедурах поиска неисправностей в одном классе моделей объектов диагностики. Тезисы Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений, Новосибирск, 1965.

4. Н.В. К и н ш т, Б.П. Р у д а к о в. К оценке эффективности оптимизации процедур поиска неисправностей. Тезисы Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений, Новосибирск, 1966.

Подписано к печати 1, III. 1967 г. МН03037
Бумага 60x90/16. Печ. л. 1,25. Уч.- изд. л. 0,9
Тираж 210. Заказ 56

Институт геологии и геофизики СО АН СССР
Новосибирск, 90. Ротапринт.