

ГОССТРОЙ УССР

Научно-исследовательский институт автоматизированных  
систем планирования и управления в строительстве  
/ НИИАСС /

Харьковский отдел  
Лаборатория информационного обеспечения



" Утверждаю "

Директор института, к.т.н.

Е.П. Дуброва

" \_\_\_\_\_ 1978 г.

О Т Ч Е Т

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ  
ВЫБОР МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ  
ВЫПОЛНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ

( 0.80.08.01.Д7 )

"Согласовано "

Зав.сектором АСП СОУ ЦНИИАСС  
руководитель работ по проблеме  
0.80.08.01.Д7

С.П. Никаноров

*С.П. Никаноров*  
12.12.78

Зам.директора института  
по научной работе, к.т.н.  
А.И. Кондратенко

" \_\_\_\_\_ 1978 г.

Научный руководитель темы, к.т.н.

*В.А. Бисноватый*

" 12 " XII 1978 г.

Ответственный исполнитель,  
зав.лабораторией информационного обеспечения

*В.П. Коваль*

" 12 " \_\_\_\_\_ 1978 г.

**ИСПОЛНИТЕЛИ :**

1. Бисноватый В.А., к.т.н., доцент кафедры  
организации и управления  
строительством МИИСа.

2. Коваль В.П., зав. лабораторией информа-  
ционного обеспечения.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
I. Введение .....	4
2. Надежность как один из основных факторов, влияющих на эффективность АСУС .....	
2.1. Количественная оценка надежности АСУС .....	5
2.2. Анализ основных причин низкой надежности АСУС .....	6
2.3. Основные пути повышения надежности АСУС .....	15
3. Повышение надежности обработки информации при разработке информационного обеспечения задач АСУС .....	
3.1. Постановка задачи выбора рациональ- ного варианта системы контроля .....	16
3.2. Проектирование типовых вариантов системы контроля .....	19
3.3. Метод расчета потерь от недовер- ности выходной информации и несвоевре- менности ее получения пользователями .	23
3.4. Определение затрат на реализацию системы контроля .....	28
3.5. Алгоритм выбора рационального вариан- та системы контроля .....	30
Литература .....	35

## В В Е Д Е Н И Е

Одним из основных недостатков, присущих автоматизированным системам управления строительным производством (АСУС) на современном этапе их развития, это низкая их надежность, что является источником значительных потерь как в сфере управления, так и в сфере производства и, как следствие этого — причиной снижения фактической экономической эффективности автоматизированных систем по сравнению с потенциально возможной.

Значительные затраты на создание, внедрение и эксплуатацию АСУС могут дать ожидаемый эффект только в том случае, если на всех стадиях ее проектирования будут приниматься необходимые меры, обеспечивающие надежность системы, а в процессе ее функционирования будут строго выполняться процедуры, обеспечивающие ее поддержание.

## 2. НАДЕЖНОСТЬ КАК ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АСУС

### 2.1. Количественная оценка надежности АСУС

Под надежностью АСУС будем понимать ее свойство сохранять состояние работоспособности, т.е. выполнять заданные ей функции, в течение требуемого промежутка времени, например, времени решения задачи.

Основной <sup>информационной</sup> функцией АСУС является формирование и выдача информации, необходимой для управления строительным производством, службам управления в установленные сроки и без ошибок. Таким образом, надежность АСУС можно определить как ее свойство своевременного обеспечения служб управления (пользователей системы) безошибочной информацией. Так как нарушение работоспособности АСУС всегда рассматривается как отказ системы, то надежность АСУС в основном характеризуется ее безотказностью, которая является величиной случайной, поскольку заранее момент наступления отказа, нарушающего работоспособность системы установить нельзя. И тогда для количественной оценки надежности АСУС можно воспользоваться показателем вероятности отсутствия отказов системы, нарушающих ее работоспособность в течение заданного промежутка времени и при определенных условиях ее эксплуатации. Вероятность отсутствия отказов АСУС, нарушающих ее работоспособность ( $P^2$ ) определяется по формуле

$$P^2 = P^Y P^d$$

- $P^Y$  - вероятность своевременности получения выходной информации системы пользователями,
- $P^d$  - вероятность отсутствия ошибок в информации, поступающей службам управления (вероятность достоверности выходной информации системы).

С точки зрения эффективности системы нарушение ее работоспособности (надежности) есть отказ, приводящий к определенным экономическим потерям в сферах управления и производства из-за которых в настоящее время невозможно обеспечить получение в полном объеме потенциально возможного эффекта, предопределяемого (ожидаемого) в результате автоматизированного решения задачи.

Исходя из этого надежность АСУС можно количественно оценить при помощи экономических потерь (ущерба), возникающих как при использовании службами управления недостоверной информации (потери от недостоверности выходной информации), так и в результате несвоевременного ее получения (потери от несвоевременности получения выходной информации).

Иначе говоря, потери от ненадежности АСУС - это нереализованный потенциально возможный эффект по сравнению с фактическим эффектом, имеющим место при автоматизации решения задач. При этом делается допущение, что суммарные потери от ненадежности АСУС ( $Y^s$ ) не должны превышать разности между потенциально возможным ( $ЭФ^p$ ) и фактическим эффектом ( $ЭФ^f$ ), иначе автоматизация решения задач экономически нецелесообразна.

Таким образом устанавливается следующее соответствие:

$$Y^s \leq ЭФ^p - ЭФ^f \quad (I)$$

## 2.2. Анализ основных причин низкой надежности АСУС

Среди основных причин нарушения работоспособности АСУС, т.е. ее низкой надежности, наибольший вес имеют:

- несвоевременность поступления исходных данных в систему управления;
- ошибки в исходных данных, поступающих в АСУС;

- отказы технических средств системы;
- ошибки, внесенные в информацию при ее обработке в АСУС.

Исходные данные, поступающие в АСУС, делятся на условно-постоянные и переменные данные. К условно-постоянным, главным образом, относятся данные, которые содержатся в организационно-технологической документации, а также различные сметные и производственные нормативы. К переменным - относят данные о ходе СМР на объектах, движении материальных ресурсов, работе механизмов, транспорта и т.п.

Эти два вида исходных данных в своей совокупности составляют информационную базу (ИБ) строительного производства, которая в настоящее время характеризуется очень низкой надежностью. Существующая ИБ строительного производства не в состоянии обеспечить своевременного поступления достоверных исходных данных в систему управления, снижая тем самым надежность АСУС.

Основной причиной низкой надежности ИБ строительного производства является то, что разрабатываемая в настоящее время сметная документация, рабочие чертежи, проекты организации строительства (ПОС), проекты производства работ (ППР) и входящие в них состав различные спецификации, сводки, выборки и т.п. требуют, как правило, дополнительной обработки для их использования в АСУС. Кроме того, само содержание и состав проектно-сметной (особенно организационно-технологической) документации во многих случаях сейчас не увязывается с задачами нормирования, планирования, материально-технического обеспечения и т.д., решаемых в АСУС. Это в свою очередь, требует значительных трудозатрат по обработке проектно-сметной документации работниками различных подразделений управленческого аппарата.

В результате в условно-постоянные исходные данные вносятся значительное количество ошибок, кроме того, уменьшается вероятность своевременного их поступления в АСУС.

Не менее существенной причиной низкой надежности ИБ строительного производства является большой удельный вес ручного труда в сборе переменных исходных данных и в составлении первичных документов (сообщений).

Совокупность технических средств (ТС), выполняющих определенные операции, связанные с обработкой информации, составляет техническую базу АСУС. Надежность технической базы системы обуславливается прежде всего безотказностью работы каждого ТС, реализующего определенные операции.

Отказ ТС системы по видам их возникновения подразделяются на <sup>постепенные</sup> внезапные и непредвиденные. Основа этих отказов - внутренние физико-химические изменения структуры элементов ТС, происходящие в течение некоторого периода и до определенного времени не сказывающиеся на работоспособности этих элементов. Внезапные и постепенные отказы являются во многих случаях следствием износа и старения элементов.

По своему проявлению отказы ТС могут быть явными и неявными. Явные отказы обнаруживаются немедленно после их возникновения. К ним могут быть, например, отнесены: приостановка считывания информации, нанесенной на перфокарты, - отказ устройства ввода информации. Неявные отказы могут быть выявлены только спустя некоторое время, на последующих этапах выполнения технологического процесса обработки информации. В приведенном выше случае отказ устройства ввода обнаруживается при проверке записи информации на магнитносигналь.

Кроме того, отказы ТС классифицируются по взаимосвязи (зависимые, независимые) и по воздействию (полные, локальные). Зависимый отказ приводит к отказу сопряженно функционирующего устройства. Независимый отказ не оказывает влияния на работоспособность других устройств. В случае, если ТС не может выполнить ни одной из воз-



ловенных на нее функций, отказ будет полным. Если же оно выполняется при этом хотя бы часть своих функций, то имеет место локальный отказ.

Надо отметить, что не всякий отказ ТС вызывает потерю работоспособности системы, т.е. влияет на ее надежность. Так отказ блоков внешней памяти ЭВМ не приводит к общей потере ее работоспособности. Отказ же регистра команд или другого узла, от которого непосредственно зависит решение задачи, вызывает полную потерю работоспособности ЭВМ.

Почти все виды отказов характеризуются одним общим признаком — случайностью возникновения. Следовательно, отказ ТС в целом следует определять как случайное событие. Приняв, что отказ ТС есть случайное событие его можно характеризовать (количественно оценить) вероятностью безотказной работы ТС в течение заданного интервала времени при определенных условиях эксплуатации ТС. Этот показатель может быть вычислен, исходя из среднего времени наработки конкретного ТС на отказ (сбой), обычно указываемого в техническом паспорте устройства.

Отказы ТС в общем случае, уменьшают вероятность своевременного получения информации пользователями, а также являются одним из источников ошибок, вносимых в информацию в процессе ее обработки, снижая тем самым достоверность выходной информации АСУС.

Наименее надежным звеном АСУС является человек, вносящий наибольшее количество ошибок в информацию в процессе ее обработки, служащих причиной нарушения работоспособности системы. Наиболее характерными из них считают:

- ошибки при заполнении первичных документов;
- ошибки при переносе информации на машинный носитель (ошибки перфорации);
- ошибки операторов ЭВМ.

Первые два типа ошибок являются основными источниками недостоверности выходной информации, так например, по данным НИИ ЦСУ СССР некачественное заполнение первичных документов может вызвать 11% всех ошибок при обработке информации в АСУ [1]. Ошибки третьего типа, главным образом, увеличивают время решения задачи, снижая тем самым вероятность своевременного получения выходной информации пользователями.

Ошибка при заполнении и перфорации, так же как и отказ ТС, является случайным событием, которое обычно характеризуется вероятностью <sup>ее</sup> появления. Если вероятность появления ошибки, например, равна  $2 \cdot 10^{-6}$ , то это означает, что при обработке 1 млн. знаков в среднем 2 знака будут ошибочными.

Согласно работе [1] вероятность появления ошибки при заполнении первичных документов колеблется от  $1,8 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  (иногда до  $1 \cdot 10^{-2}$ ). Появление этих ошибок обусловлено различными причинами. Влияние отдельных, наиболее распространенных видов ошибок на общую погрешность при заполнении документов показано в таблице 2.1. [3]

Таблица 2.1.

Основные виды ошибок при заполнении документов

В и д о ш и б к и	Удельный вес виду ошибки, %
Замена одного знака другим	68
Пропуск знака	27
Замена и перестановка слов	5
И т о г о	100

Перфорация — трудоемкая ручная операция, во время которой возникает значительное количество ошибок. Вероятность появления ошибки при перфорации, по данным различных источников, колеблется от  $2 \cdot 10^{-4}$  до  $2 \cdot 10^{-2}$ . Основные причины возникновения ошибок при перфорации приведены в таблице 2.2. [3]

Таблица 2.2.

## Основные причины ошибок при перфорации

Причины ошибок	Удельный вес, %
По вине оператора	94 - 97
Из-за неисправности работы ТС (отказ ТС)	1,5 - 2,5
Из-за нечеткой записи данных в первичных документах	0,5 - 4,5
<b>И т о г о :</b>	<b>100</b>

Классификация ошибок, возникающих по вине оператора, как основной причины ошибок перфорации, дана в таблице 2.3.

Таблица 2.3

## Классификация ошибок при перфорации по вине оператора

В и д      о ш и б к и	Удельный вес вида ошибки, %	
	1	2
Неправильная цифра (другая цифра, перестановка двух цифр, пробивка лишней цифры, пропуск цифры)		70
Сдвиг числа влево или вправо		1,5

Продолжение таблицы 2.3

I	I	2
Неправильное число (другое число, перестановка двух чисел, пробивка лишнего числа, пропуск числа)		12,5
Пропуск записи без пробивки или повторная пробивка		16
И т о г о		100

В работе [2] наиболее подробно и полно проведена классификация всех возможных ошибок, возникающих при заполнении первичных документов и их перфорации, а также проанализированы причины их появления.

Квалифицированный оператор ЭВМ за смену (8 часов) делает в среднем 5 - 6 ошибок [3]. Классификация ошибок, допускаемых в работе оператором ЭВМ, приведена в таблице 2.4.

Таблица 2.4.

## Классификация ошибок операторов ЭВМ

В и д о ш и б к и	Удельный вес вида ошибки, % ( $P_i$ )	Время устранения, сек ( $T_i$ )
Установка не той ленты	91	30
Установка не того диска	8	300
Порча информации на диске <i>из-за его падения</i>	1	1200

Одна ошибка оператора ЭВМ в среднем увеличивает время работы каждой программы (время решения задачи) на

$$\Delta T = \sum_{i=1}^3 P_i T_i = 0,91 \cdot 30 + 0,08 \cdot 300 + 0,01 \cdot 1200 = 63,3 \text{ сек.}$$

Среднее время наработки оператора ЭВМ на ошибку определяется по формуле

$$M(T) = \frac{T}{m}$$

где  $T$  - продолжительность смены (3600 сек x 8),

$m$  - среднее количество ошибок допускаемое оператором ЭВМ за смену (6,5 ошибок в смену).

Тогда,  $M(T) = 5220$  сек.

Исходя из этого, среднее время решения задачи с учетом ошибок оператора определяется по формуле

$$T_{cp} = T_3 + \frac{T_3}{M(T)} \Delta T$$

где  $T_3$  - среднее время работы программа.

Ошибки в информации в процессе ее обработки вносятся не только человеком, но и по вине ТС, в результате их сбоя или отказа. В основном эти ошибки возникают при вводе информации в ЭВМ (вероятность их появления составляет  $1 \cdot 10^{-8} - 2,7 \cdot 10^{-6}$ ), машинной ее обработки (вероятность появления -  $10^{-6} - 10^{-8}$ ) и при выводе информации на АЦУ.

Так как вероятность внесения ошибки в информацию в процессе ее обработки по вине ТС примерно на 4 порядка меньше вероятности возникновения ошибок при заполнении первичных документов и перфорации, то очевидно, что влияние этих ошибок на достоверность выходной информации, а следовательно, на работоспособность системы незначительное.

Распределение ошибок, возникающих при обработке информации, по группам проведено в работе [2] и представлено таблицей 2.5.

Практически, разных причин снижения надежности АСУС значительно больше, чем четыре, рассмотренных выше, например, несовершенство разработанных программ, ошибки в алгоритмах и т.п. Однако их влияние на работоспособность системы незначительно, поэтому в данной работе они не рассматриваются.

Таблица 2.5.

Распределения ошибок, возникающих при обработке информации, по группам

Наименование группы	Удельный вес группы (в % общему итогу)	Частота ошибок (на 10 знаков)
Виды ошибок, связанных с состоянием первичных документов	8,70	2,57
Виды ошибок, связанных с переносом данных на машинные носители	89,10	2,77
Виды ошибок, связанных с машинной обработкой на ЭВМ	0,65	0,45
Виды ошибок, связанных с контролем и выпуском выходных документов	1,55	1,28
И т о г о	100	2,98

### 2.3. Основные пути повышения надежности АСУС

Надежность АСУС необходимо повышать прежде всего путем устранения основных причин, вызывающих нарушение работоспособности системы. Поэтому, повышение надежности АСУС должно осуществляться в первую очередь за счет:

- издания высоко надежной ИБ строительного производства;
- повышения надежности технической базы АСУС;
- повышения надежности обработки информации.

Повышение надежности ИБ строительного производства обусловлено решением таких сложных задач, как:

- создание автоматизированной системы нормативов в строительстве (АСН);
- повышение надежности (качества) организационно-технологических проектных решений путем создания автоматизированной системы организационно-технологического проектирования (АСОТП) и информационной стыковки ее с АСУС;
- уменьшения удельного веса ручного труда при сборе переменных и исходных данных и формировании первичных документов (сообщений).

Повышение надежности технической базы АСУС предполагает улучшение эксплуатационных характеристик ТС, в частности увеличение среднего времени наработки ТС на отказ, сбой или ошибку.

Повышение надежности обработки информации связано прежде всего с уменьшением количества ошибок, вносимых в информацию при ее обработке.

### 3. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАЧ АСУС

#### 3.1. Постановка задачи выбора рационального варианта системы контроля

Как уже было отмечено выше, одним из основных путей повышения надежности АСУС является повышение надежности обработки информации, которое осуществляется на стадии разработки информационного обеспечения задач системы, в частности, при проектировании технологического процесса обработки информации (ТП).

Повышение надежности обработки информации предполагает прежде всего *уменьшение* количества ошибок, вносимых в информацию персоналом и ТС системы в процессе ее обработки, путем их обнаружения при помощи системы контроля, включаемой в ТП, и последующего исправления.

Однако любое повышение надежности АСУС, в том числе и за счет повышения надежности обработки информации, как правило, связано с определенными затратами. С учетом этих затрат выражение (1) принимает следующий вид:

$$C_i^p + C_i^r \leq \partial \Phi^p - \partial \Phi^r$$

где  $C_i^p$  - суммарные потери от ненадежности обработки информации после включения в ТП <sup>LOI</sup> системы контроля,!

$C_i^r$  - затраты на повышение надежности обработки информации (затраты на реализацию <sup>LOI</sup> системы контроля).

При этом практически может иметь место случай, когда превышение значения правой части выражения (2) над значением левой будет весьма незначительным (например, всего на несколько рублей). Следовательно целесообразно ввести ограничения на величину затрат и потерь, отражающих надежность решения задач АСУС. В работе

[4] на основании некоторых практических данных устанавливается



следующее ограничение:

$$\frac{Y_0^s - Y_i^s}{C^k} \geq 2 \div 1,25$$

где  $Y_0^s$  - суммарные потери от ненадежности обработки информации до включения в ТП системы контроля

Под системой контроля понимается использование при обработке информации различных методов контроля информации. Так как в настоящее время не существует какого-либо одного универсального метода контроля, обнаруживающего все виды ошибок, вносимых в информацию при ее обработке, то система контроля обычно представляет собой совокупность нескольких методов контроля из заданного множества методов, обычно ограниченного возможностями технической базы и системы программного обеспечения конкретного ИИЦ. Однако, несмотря на имеющиеся ограничения, почти всегда *есть* возможность выбора одного определенного варианта системы контроля из нескольких подобных.

Согласно [3] система контроля повышает стоимость системы обработки данных в среднем на 30%. Поэтому особое внимание следует обратить на правильный выбор варианта системы контроля, который должен осуществляться при помощи экономической оценки различных вариантов. Экономическая оценка варианта системы контроля производится исходя из затрат на его разработку и эксплуатацию и величины экономических потерь в сферах управления и производства от недостоверности выходной информации, вмещающей место при включении данного варианта системы контроля в ТП. При этом должен быть учтен такой важный фактор, влияющий на надежность АСУС, как величина резерва времени, затрачиваемого на обнаружение и исправление ошибок. Если резерв времени, исходя из заданного *срока* выдачи выходной информации задачи ее пользователями, достаточен для обнаружения и исправления обнаруженных ошибок, отказа АСУС не произойдет.

В противном случае в системе управления наблюдается постепенное накопление скрытых отказов, суммарная величина которых может привести к внезапному отказу АСУС, поскольку перед выдачей потребителю информация окажется не верной, а резерв времени на ее исправления окажется недостаточным. В результате имеют место потери из-за несвоевременности получения выходной информации. Таким образом задача выбора экономически обоснованного (рационального) варианта системы контроля формируется следующим образом: из известного множества методов контроля информации выбрать такое ее подмножество (систему контроля), которое обеспечивало бы минимальные суммарные потери ( $Y_i^o$ ), обусловленные, с одной стороны затратами на реализацию системы контроля ( $C_i^R$ ), а с другой - потерями АСУС от низкой достоверности выходной информации ( $Y_i^d$ ) и несвоевременности ее получения пользователями ( $Y_i^v$ ).

Введя соответствующие условные обозначения, задачу выбора экономически обоснованного варианта системы контроля можно сформулировать в следующем виде:

$$\min_{1 \leq i \leq N} Y_i^o \text{ при } Y_i^o = \begin{cases} Y_i^v + Y_i^d + C_i^R, & \text{если } \sum_{j=1}^n T_j \leq T^* \\ Y_i^d + C_i^R & - \text{в противном случае} \end{cases}$$

- где  $N$  - количество вариантов системы контроля,  
 $T_j$  - время на выполнение  $j$ -ой процедуры ТП,  
 $n$  - количество процедур ТП,  
 $T^*$  - регламентированное время получения выходной информации пользователями.

- Решение данной задачи разобьем на два этапа:  
 - проектирование типовых вариантов системы контроля;  
 - выбор определенного (рационального) варианта системы контроля.

### 3.2. Проектирование типовых вариантов системы контроля

Из анализа распределения ошибок, вносимых в информацию при ее обработке (таблица 2.5.), видно, что наибольшее количество ошибок (97, 8%) возникает при заполнении первичных документов и их перфорации, т.е. еще до начала ее обработки на ЭВМ. Кроме того, по утверждению специалистов фирмы *NCR* (США), исправление ошибок в процессе обработки информации на ЭВМ примерно в 420 раз дороже, чем до начала обработки [1].

Поэтому при проектировании типовых вариантов системы контроля исходим из того, что она (система контроля) должна прежде всего охватывать контролем начальные этапы обработки информации (заполнение первичных документов, прием их на ИВЦ, перфорация, ввод информации в ЭВМ).

В настоящее время существует большое количество методов контроля, применяемых на начальных стадиях обработки информации в АСУС. Каждый из этих методов, с различной эффективностью, обнаруживает ошибки определенного вида и не обнаруживает остальные ошибки.

Задача заключается в выборе таких комбинаций методов контроля, при которых все ошибки, контроль над которыми возможен, будут проконтролированы. Иначе говоря, проектирование типовых вариантов системы контроля заключается в выборе таких комбинаций (совокупностей) методов контроля (из заданного множества возможных методов), при которых контролем будут охвачены все основные виды ошибок, возникающих при заполнении первичных документов и их перфорации.

Представим соответствие между методами контроля и основными видами ошибок, возникающих на начальных этапах обработки информации, в виде таблицы 3.1.



Основные виды ошибок заносим в таблицу на основании результатов статистического обследования, проведенного в работе [2], в ходе которого были определены 31 важнейших вида обнаруженных ошибок, имеющих массовое распространение и наибольший удельный вес (86, 98% из 97, 8% всех ошибок, возникающих на начальных этапах обработки информации).

На пересечении  $i$ -ой строки и  $j$ -ого столбца таблицы стоит знак "X", если  $i$ -ый метод устраняет  $j$ -ую ошибку. На пересечении итоговой строки и  $j$ -ого столбца ставится знак ".", если  $j$ -ый вид ошибки не относится к какому-либо реквизиту входного документа, а связан лишь с общими свойствами документа.

Связь между ошибками, которые могут быть допущены в отдельных реквизитах, и видами реквизитов выделены в нижней части таблицы.

Входные документы могут содержать реквизиты четырех видов: цифровые (Ц), алфавитные (А), алфавитно-цифровые (АЦ) и числовые (Ч). На пересечении  $j$ -ого столбца и строки, соответствующей определенному виду реквизита, стоит знак "X", если этот вид ошибки может содержаться в данном виде реквизитов.

При проектировании типовых вариантов системы контроля воспользуемся алгоритмом выбора комбинаций методов контроля, предложенным в работе [5].

Спроектированные согласно этому алгоритму типовые варианты системы контроля, соответствующие различным комбинациям методов контроля, применяемых на начальных этапах обработки информации в АСУС, приведены в таблице 3.2.

При проектировании этих типовых вариантов системы контроля в них не были включены методы контроля, занесенные в таблицу 3.1 под следующими номерами:

4, 5, 6, 13, 18, 25, 27, 28, 29, 30, 31.



Причиной этого является их недостаточная *универсальность*. Дополняя этими методами имеющиеся типовые варианты системы контроля, при необходимости (например, наличии слишком высоких требований к достоверности информации) можно спроектировать оригинальные варианты системы контроля, включаемые в ТП при обработке конкретных входных документов.

### 3.3. Метод расчета потерь от недостоверности выходной информации и несвоевременности ее получения пользователями

Для определения величины экономических потерь (ущерба) от использования службами управления недостоверной выходной информации ( $Y_i^d$ ) и в результате несвоевременного ее получения ( $Y_i^v$ ) воспользуемся выражением ( 2 )

$$Y_i^v + Y_i^d + C_i^R \leq \Delta\Phi^P - \Delta\Phi^f$$

Исходим при этом из того, что на стадии разработки информационного обеспечения задач величина потенциально возможного (ожидаемого) эффекта от автоматизации решения задачи (с учетом предварительных затрат на ее эксплуатацию) нам уже задана. Она была рассчитана на этапе технико-экономического обоснования (ТЭО) автоматизации решения задачи. Величину же фактически полученного эффекта, естественно, на этой стадии определить еще невозможно. Поэтому для упрощения практического расчета  $Y_i^v$  и  $Y_i^d$  будем ориентироваться на их максимально возможные величины, которые имеют место при  $C_i^R$  и  $\Delta\Phi^f$  равных нулю.

Потери от несвоевременности получения выходной информации пользователями обусловлены в основном тем, что задержка в получении выходной информации приводит к переходу на ручные методы управления в течение интервала времени от установленного периода

выдачи до фактического срока получения информации. Величина этих потерь равна эффекту, обеспечиваемого решением этой задачи АСУС, по сравнению с аналогичной выходной информацией сформированной вручную. Зная величину потенциально возможного эффекта от автоматизации решения задачи, можно определить максимальную среднечасовую величину эффекта по формуле:

$$\mathcal{E} \varphi^h = \frac{\mathcal{E} \varphi^p}{T^k}$$

где  $T^k$  - продолжительность периода действия задачи в часах.

По периодом действия задачи следует понимать интервал времени, в течение которого установленные в информации показатели должны быть достигнуты. Так например, период действия задачи "Месячное планирование производства ИБМ" равен месячному фонду рабочего времени (8 час.  $\times$   $\times$  3 см.  $\times$  22 раб. дня = 528 часов).

Если величину  $\mathcal{U}_i^v$  принять соответствующей недополученному эффекту, то при продолжительности задержки получения результатов решения задачи ( $t^z$ ) получим выражение

$$\mathcal{U}_i^v = \mathcal{E} \varphi^h \cdot t_i^z$$

Величину  $t_i^z$  можно определить, исходя из заданных значений  $T_j^o$ ,  $T^o$  и  $T^f$

$$t_i^z = (T^o + \sum_{j=1}^n T_j^o) - T^f$$

где  $T^o$  - время начала обработки информации (время начала первой процедуры ПП).

При этом следует учесть, что величина  $t_i^z$  для выходной информации с периодом действия, равным смене (одним суткам), всегда равна продолжительности смены (суткам). При периоде действия - три дня и недели - задержки, равные нескольким часам могут не учитываться, так как отдельные нарушения в управлении могут быть своевременно (до появления потерь) ликвидированы. Так, если период действия выходной информации равен декаде или месяцу, то учету не подлежат задержки продолжительностью менее один-двух суток. Но если величина  $t_i^z$  выходит за критические пределы, то она подлежит обязательному учету, и в этом случае ее можно принимать кратной одной смене (суткам).

Итак,  $\mathcal{U}_i^v$  имеют место только в том случае, если задержка в получении результатов решения задачи превышает установленный



критический период, т.е. только при расчетной задержке ( $t^z$ ), равной

$$t_i^z = t_i^z - t^g$$

где  $t^g$  - продолжительность критического периода.

Тогда величину  $U_i^v$  можно определить по формуле

$$U_i^v = \partial \Phi^p \cdot t^z \text{ или } U_i^v = \frac{\partial \Phi^p}{\partial K} (t_i^z - t^g)$$

Потери от неустойчивости выходной информации возникают как в сфере управления так и в сфере производства. В сфере управления эти потери обусловлены прежде всего затратами ручного труда и машинного времени на исправление ошибок, обнаруженных системой контроля  $C_i^w$ . Однако основная часть потерь от неустойчивости выходной информации возникает в сфере производства, где эти потери обусловлены экономическим ущербом, нанесенным производству в результате принятия на основании неустойчивой информации, неоптимальных управленческих решений и их последующей реализации ( $U^e$ ).

Различают три вида экономически потерь, к которым приводит появление ошибок в выходной информации: информационные, обратимые и необратимые.

Информационные потери возникают в том случае, когда ошибки в выходной информации после выдачи ее потребителям не влияют на принятие ими оптимальных управленческих решений. Эти ошибки обычно не вызывают полного искажения информационного смысла показателей и исправляются (при обнаружении) в выходных ведомостях вручную самими пользователями выходной информации. Однако, если эта выходная информация используется в других задачах системы, то возможен также полный или частичный пересчет данной задачи.

Обратимые потери образуются в том случае, если на основании неустойчивой информации принято неверное (неоптимальное)

управленческого решения, реализация которого приводит к нарушению нормального функционирования процессов строительного производства. Однако с помощью определенных дополнительных затрат, например, транспортных или связанных с переналадкой оборудования в формовочных цехах, эти нарушения можно полностью устранить в течение периода действия задачи. Ошибки в выходной информации, приводящие к обратимым потерям, исправляются обычно путем полного или частичного пересчета задачи, что также является источником дополнительных затрат.

Необратимые потери возникают в том случае, когда ошибки, приводящие к нарушению нормального технологического цикла работы управляемой системы, нельзя устранить в течение времени действия задачи. Примером необратимых потерь может служить экономический ущерб, нанесенный производству в следствии ошибочной доставки раствора цемента (из-за ошибки, например, в адресе объекта) на удаленный от других потребителей объект, когда доставленный раствор не может быть использован на этом объекте и невозможна его транспортировка ни на какой другой объект. Необратимые потери обычно возникают только при решении задач суточного уровня.

Ошибки, создающие обратимые и необратимые потери, как правило, искажают действительный смысл показателей выходной информации.

Суммарные экономические потери от недостоверности выходной информации складываются из экономических потерь, появляющихся из-за ошибок в отдельных показателях, различных выходных ведомостей задачи.

Предложенный в работе [3] метод расчета экономических потерь обладает, двумя существенными недостатками. Во-первых, в его основе положено допущение, что все ошибки в выходной информации выявляются ее пользователями. В результате потери от ошибок, обнаруженных службами управления, не учитываются, хотя они

могут иметь место. Во-вторых, исходные данные, необходимые для проведения расчета обычно отсутствуют у проектировщиков, а их сбор характеризуется большой трудоемкостью. Из-за отмеченных недостатков, на наш взгляд, данный метод в практических расчетах экономических потерь использован быть не может.

Применительно к нашей постановке задачи выбора рационального варианта системы контроля потери от недостоверности выходной информации задачи, возникающие в сфере строительного производства ( $U^e$ ), предлагается определять как произведение:

- максимальной величины потерь от одной ошибки ( $U^o$ ), усреднив эту величину, приняв одинаковой для любой ошибки, независимо от ее влияния на ход строительного производства;
- предполагаемого (вероятно возможного) количества ошибок, в выходной информации при включении в ТП различных вариантов системы контроля ( $m_i$ ), где  $i$  - номер варианта системы контроля.

Приняв максимальное значение величины потерь от недостоверности выходной информации равной недополученному эффекту от автоматизации решения задачи, при  $C_c^h$  и  $\Delta\Phi^f$  равных нулю величину  $U^o$  можно определить по формуле

$$U^o = \frac{\Delta\Phi^p}{m_0}$$

где  $m_0$  - предполагаемое (вероятно возможное) количество ошибок в выходной информации задачи до включения в ТП какого-либо варианта системы контроля.

Тогда значение  $U^e$  при включении в ТП различных вариантов системы контроля определяется как

$$U^e = \frac{\Delta\Phi^f m_i}{m_0}$$

Для определения значения  $m_0$  необходимо установить объем обрабатываемой каждым звеном ТП информации и знать вероятность появления ошибки в звеньях ТП. Чтобы определить

значение  $m_i$  дополнительно необходимо знать эффективность каждого метода контроля, входящего в систему контроля. Для расчета  $m_0$  и  $m_i$  рекомендуется использовать методику, предложенную в работе [6].

### 3.4. Определение затрат на реализацию системы контроля

Затраты на реализацию варианта системы контроля включают в себя затраты на обнаружение ( $C_i^w$ ) и исправление ( $C_i^x$ ) ошибок

$$C_i^R = C_i^w + C_i^x$$

Они обусловлены прежде всего расходом машинного времени на выполнение контрольных процедур и расходом ручного труда, связанного с обработкой избыточной информации, вводимой в процесс обработки для повышения достоверности информации, и информации, повторно (дополнительно) обрабатываемой из-за наличия ошибок.

Теоретические вопросы определения затрат на реализацию методов контроля, при включении их в ТП, в довольно подробно рассмотрены в литературе [3,4]. Однако практически определение их затруднено, прежде всего из-за большой трудоемкости расчетов.

К тому же в этих расчетах обычно используются исходные данные, отличающиеся низкой достоверностью. В результате полученные затраты на реализацию контроля носят очень приближенный характер и возможность их использования при выборе варианта системы контроля вызывает сомнение.

Изложенные в работе [3] результаты экономических исследований, позволяющих упорядочить наиболее распространенные методы контроля по величине затрат, связанных с их реализацией, представляют определенный практический интерес при укрупненном (приближенном) анализе (сопоставлении) затрат на реализацию различных вариантов системы контроля. Согласно результатам этих исследований методы контроля можно расположить в следующей возрастающей последовательности

затрат, приходящихся на один символ выходной информации:

1. визуальные методы контроля,
2. контроль перфорации счетными методами или верификацией,
3. использование при решении экономико-математических задач машинных слов увеличенной длины для уменьшения ошибок округления,
4. выходной контроль при вводе информации в ЭВМ,
5. контроль информации в процессе ее обработки на ЭВМ, включающий:
  - а/ контроль правильности решения экономико-математических задач (например, обратной подстановкой или двойным просчетом);
  - б/ контроль процедур обработки информации (например, введением контрольных сумм по всему массиву или по группе показателей, двойным просчетом и т.п.),
6. внесение дополнительной избыточности во входную информацию для усиления эффективности ее контроля в процессе обработки на ЭВМ:
  - а/ использование в реквизитах - признаках (кодах) перемежающихся разрядов (например, контроль по модулю 11);
  - б/ использование дополнительных контрольных сумм для всего массива или для группы показателей.

Однако в нашей постановке задачи такого укрупненного сопоставления затрат на реализацию различных вариантов системы контроля недостаточно для экономически обоснованного выбора определенного варианта.

Вопрос определения затрат на реализацию различных вариантов системы контроля, осуществляемого на стадии проектирования ТП, является достаточно сложным, требует отдельного исследования и выходит за рамки данной работы.

### 3.5. Алгоритм выбора рационального варианта системы контроля

Выбор рационального варианта системы контроля осуществляется на модели базового ТП, скорректированного для конкретной задачи системы без учета надежности обработки информации, т.е. не включающегося в себя каких-либо методов контроля, кроме аппаратных, заложенных в ТС, используемых для обработки информации по схеме.

После введения условных обозначений, используемых при определении суммарных потерь от ненадежности обработки информации, формула для расчета  $U_i^0$  принимает следующий вид

$$U_i^0 = \begin{cases} U_i^v + U_i^e + C_i^R, & \text{если } t_i^z > 0 \\ U_i^e + C_i^R, & \text{если } t_i^z \leq 0 \end{cases}$$

Для определения суммарных потерь от ненадежности обработки информации при включении в базовый ТП различных вариантов системы контроля, проектировщик должен иметь следующие исходные данные:

- $\mathcal{E}^P$  - величину потенциального (ожидаемого) экономического эффекта от автоматизации задачи;
- $V_{обр}^0$  - объем обрабатываемой информации при базовом ТП;
- $V_{обр}^i$  - объем обрабатываемой информации при включении в базовый ТП  $i$ -го варианта системы контроля;
- $P_j$  - вероятность появления ошибки в обрабатываемой информации при выполнении  $j$ -ой процедуры ТП;
- $T^K$  - продолжительность периода действия задачи в часах;
- $T^0$  - время начала обработки информации (время начала  $i$ -ой процедуры ТП);

- $T^p$  - регламентированное время получения выходной информации пользователями;
- $T_j$  - время на выполнение  $j$ -ой процедуры ТП;
- $t_g$  - продолжительность критического периода;
- $C_i^R$  - затраты (стоимость) реализации  $i$ -ого варианта системы контроля.

Последовательность выбора рационального варианта системы контроля следующая:

1. определение ущерба, наносимому производству от одной ошибки в выходной информации задачи ( $U^o$ );
2. определение экономических потерь от недостоверности выходной информации при включении в ТП  $i$ -ого варианта системы контроля ( $U_i^e$ );
3. определение экономических потерь от несвоевременности получения выходной информации пользователями при включении в ТП  $i$ -ого варианта системы контроля ( $U_i^t$ );
4. определение суммарных потерь от ненадежности обработки информации при включении в ТП  $i$ -ого варианта системы контроля ( $U_i^o$ );
5. выбор варианта системы контроля, обеспечивающего минимальные суммарные потери от ненадежности обработки информации, при включении его в ТП.

Укрупненный алгоритм выбора экономически обоснованного варианта системы контроля представлен на рис. 1.

В дальнейшем предполагается формализовать этот алгоритм и осуществлять выбор рационального варианта системы контроля с помощью ЭВМ.

1  
 Определить вероятно возможное количество ошибок в выходной информации для базового ТЗ, до включения в него какого-либо варианта системы контроля (т<sub>0</sub>) при известных значениях  $V_{обр}^0$  и  $P_j$

2  
 Расчет минимальной величины потерь от одной ошибки в выходной информации ( $Y^0$ )  

$$Y^0 = \frac{\Delta \Phi^0}{m_0}$$

3  
 Включение 1<sup>го</sup> варианта ТП системы контроля в базовый ТП  
 $i := 1$

4  
 Определить вероятно возможное количество ошибок в выходной информации ( $m_i$ ) при известных  $V_{обр}^i$  и  $P_j$

14

5  
 Определить потери от недостоверности выходной информации, возникающие в сфере строительного производства ( $Y_i^e$ )  

$$Y_i^e = \frac{\Delta \Phi^e m_i}{m_0}$$

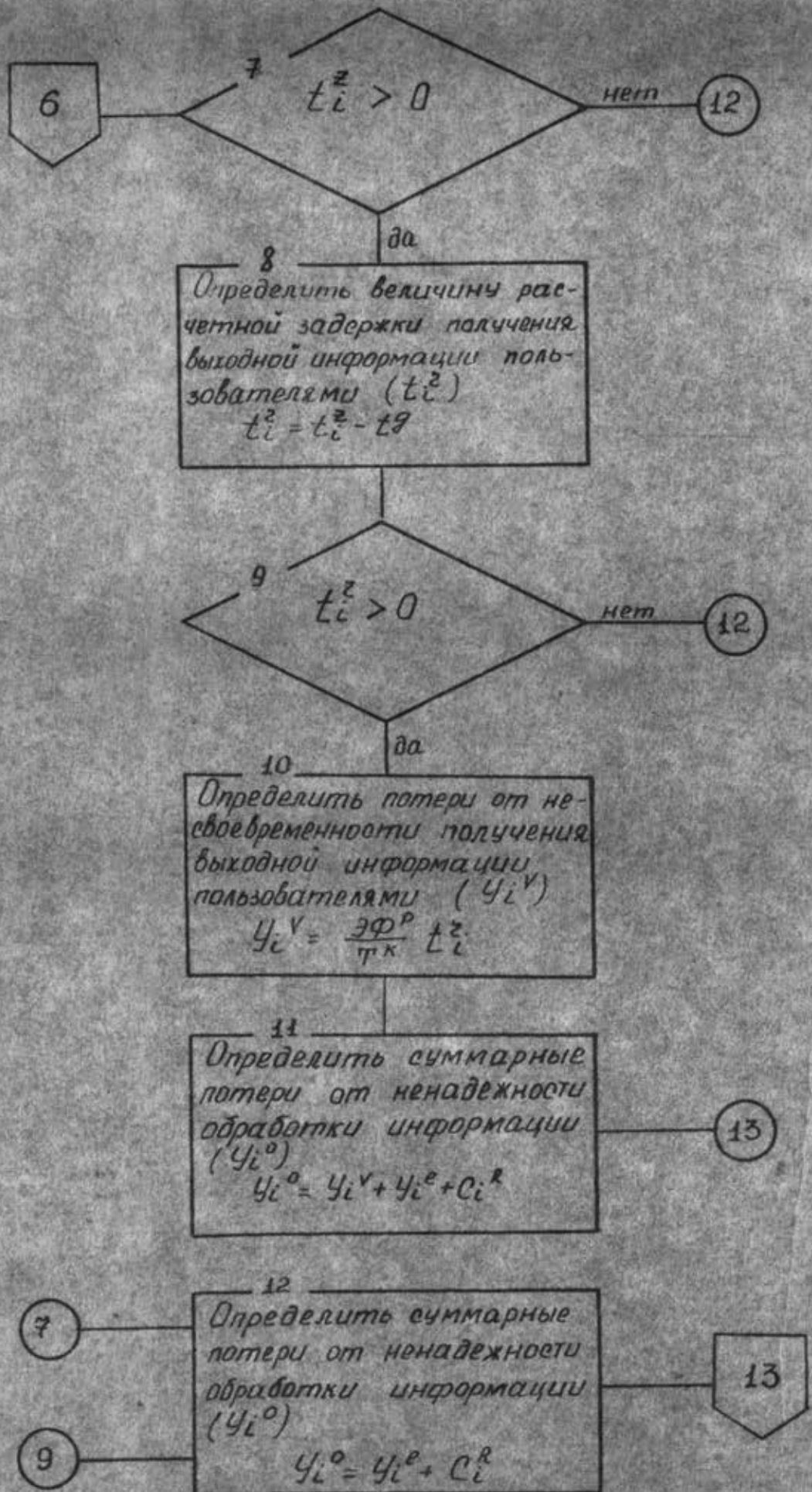
6  
 Определить время задержки получения выходной информации пользователями ( $t_i^z$ )  

$$t_i^z = (T^0 + \sum_{j=1}^n T_j) - T^p$$

7

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.





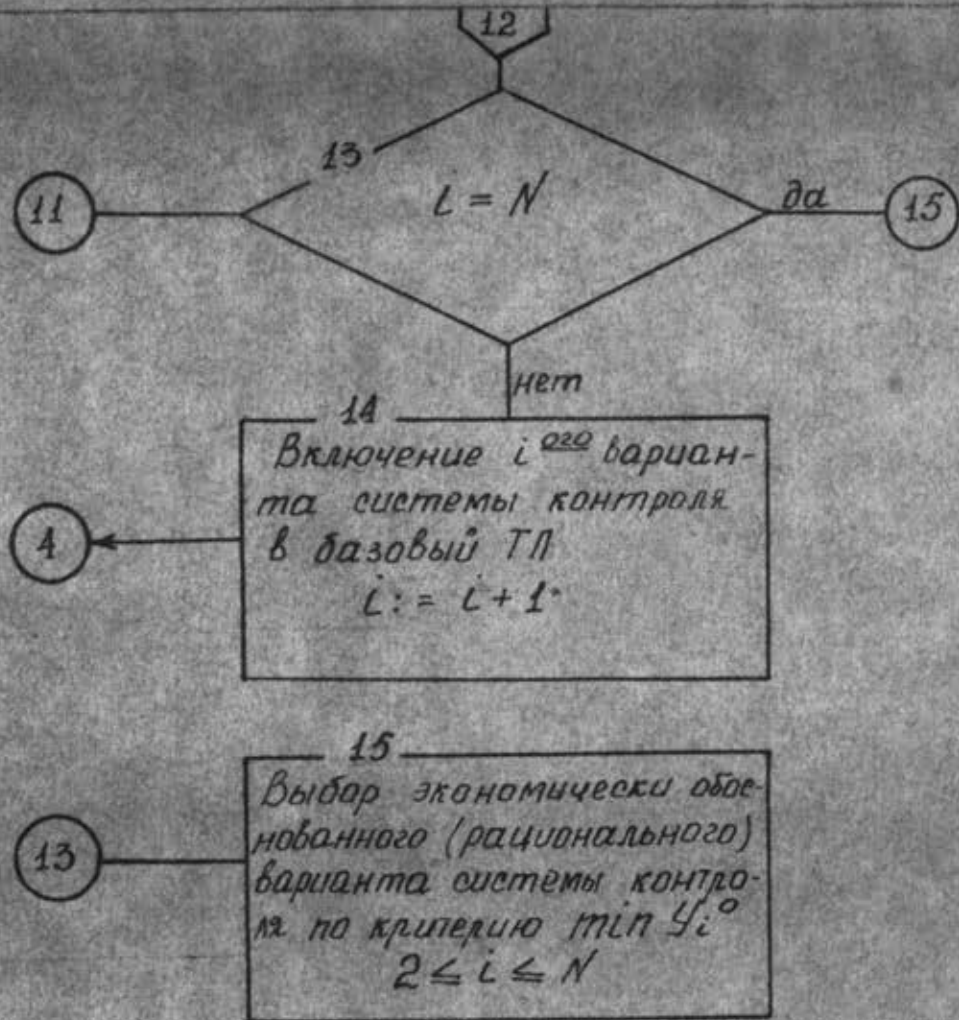


Рис. 1. Укрупненный алгоритм выбора экономически обоснованного варианта системы контроля

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сужов А.Н. Контроль и обеспечение достоверности информации в АСУ. М., "Знание", 1977
2. Синавина В.С. Оценка качества функционирования АСУ. М., "Экономика", 1973
3. Аналитические методы выбора технических средств АСУ. М., "Наука", 1976
4. Брудник С.С. Экономические основы надежности АСУП. М., "Машиностроение", 1975
5. Иоффе П.Д., Топожицава С.А., Элиштейн А.М. Обеспечение максимальной достоверности информации, введенной в ЭВМ — труды ИИИУавтопром, вып. 2, Горький, 1975
6. Методические указания по анализу проектов ИВС по критериям безотказности, бесшумности, безошибочности и своевременности обработки информации — Отчет о НИР ОНИИПК УЗПИ, Харьков, 1975