

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

И. А. Немченко, Д. Б. Николаев, А. А. Моксяков, В. В. Аникеев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Возросшее усложнение автоматизированных комплексов управления и контроля предопределило необходимость исследования принципов оптимизации процессов сбора, хранения и обработки информации. Специфику функционирования группы объектов по заданному алгоритму управления определяют характеристики информационной системы управления, которая обеспечивает надежное предоставление пользователю полной и достоверной информации о группе взаимодействующих объектов.

Целью настоящей работы является создание комплекса унифицированных моделей, которые позволяли бы по единым функциональным показателям адекватно оценивать качество функционирования информационных систем управления, выявлять слабые места и оптимизировать процессы сбора, хранения и обработки информации и формирования управляющих информационных сигналов.

Для оценки качества оптимизации процессов функционирования систем предлагается комплекс математических моделей, разработка которых определялась необходимостью учета целевого назначения и специфики функционирования оцениваемой системы. Обеспечение надежного и своевременного предоставления полной, достоверной информации характеризует качество функционирования системы.

Составными показателями качества, характеризующими свойства используемой информации в режиме функционирования системы, являются:

- вероятность надежного предоставления информации при выполнении функциональной задачи (ФЗ);
- вероятность того, что в базе данных (БД) полностью отражены реальные объекты учета конкретного типа;
- вероятность сохранения актуальности информации на момент ее использования.

Структура комплекса предлагаемых моделей отражена на рис. 1.

1. Модель процессов предоставления информации в условиях ненадежности программно-технических средств (ПТС).

Реализация команд управления при функционировании комплекса осуществляется за счет получения выходной информации о выполнении алгоритма работы в системе (по запросам от оператора). Для выполнения команд запроса требуется определенное время. Обработка запроса определяется выполнением функциональных задач (ФЗ) системы.



Рис. 1. Структура комплекса моделей

Под надежностью предоставления запрашиваемой информации понимается свойство ПТС системы сохранять во времени в установленных пределах значения параметров, характеризующих способность обеспечивать прием, автоматическую обработку и предоставление выходной информации согласно алгоритму работы. В любой момент времени ПТС находятся в одном из двух чередующихся состояний: функционирования и сбоя. Среднее время пребывания ПТС в состоянии сбоя равно среднему времени восстановления работоспособного состояния системы.

При этом команда на выдачу выходной информации поступает в случайный момент времени. Возможны три варианта развития событий:

- запрос, поступивший в момент времени функционирования ПТС, при этом система находится в работоспособном состоянии и сохраняет это состояние в течение времени, которое необходимо для обработки запроса и выдачи требуемой информации;
- запрос, поступивший в момент времени функционирования ПТС, застаёт систему в работоспособном состоянии, но система находится в этом состоянии менее времени, необходимого для обработки запроса;
- запрос, поступивший в момент времени функционирования ПТС, приходится на момент времени, когда система находится в неработоспособном состоянии.

В первом случае происходит надежное предоставление информации, а во втором и третьем случаях запрошенная информация не может быть получена.

Полученные в ходе проведения испытаний оценки средней наработки на отказ, среднего време-

ни восстановления и среднего времени реакции системы на запрос являются исходными данными для проведения расчетов надежности предоставления запрашиваемой выходной информации. Описание модели приведено на рис. 2.

Вероятность надежного предоставления информации при выполнении ФЗ

$$P = \frac{1}{r} \int_0^{\infty} \int_t^{\infty} V(\tau - t) dN(\tau) dt ,$$

где $R(t) = N * W(t)$, $r = \int_0^{\infty} t dR(t)$ – математическое

ожидание (МОЖ); $N(t)$ – функция распределения времени наработки ПТС на отказ, n – МОЖ; $W(t)$ – функция распределения времени восстановления ПТС, w – МОЖ; $V(t)$ – функция распределения времени выполнения рассматриваемой ФЗ, v – МОЖ.

В частном случае, когда $N(t)$, $W(t)$, $V(t)$ – экспоненциальные:

$$P = \frac{n^2}{r(v+n)},$$

где $R(t) = N * W(t)$, $r = \int_0^{\infty} t dR(t)$ – математическое

ожидание (МОЖ);

2. Модель процессов отражения в базе данных новых объектов управления.

Для корректного функционирования комплекса необходимо отражать полный состав объектов и их состояние. В процессе функционирования комплекса неполнота может возникнуть как результат временной задержки в отражении новых (вновь появившихся) объектов с момента их появления в реальности и до момента физической записи в БД.

Поскольку БД является формальным отражением наличия и состояния реально существующих объектов, сопоставление входных и выходных форм информации позволяет выявить те объекты, которые

являются ключевыми и информация о состоянии которых подлежит функциональному использованию в соответствии с алгоритмом работы системы. Все множество таких объектов конечно, а их номенклатура задается в техническом задании и постановках функциональных задач.

Наполнение БД записями о реально существующих объектах на момент испытаний может:

– охватить все возможные объекты учета, существующие в реальности (и, как следствие, констатируется факт полного отражения объектов в БД);

– охватить лишь часть реально существующих объектов, а первоначальные записи об остальных объектах потенциально могут появляться в процессе дальнейшего функционирования системы или в отдельные периоды ее функционирования.

Во втором случае, при появлении новых объектов до осуществления записи о них в БД будет иметь место неполнота отражения. Если таких объектов в период запроса достаточно много, то неполнота БД может привести к неучету ряда факторов и, вследствие этого, к снижению качества функционирования системы.

Для проведения оценки используется следующая модель отражения в БД системы объектов.

Закон появления новых объектов аппроксимируется пуассоновским законом, что позволяет получать оценки полноты отражения информации в БД системы. Оценка осуществляется в приложении к конкретному периоду функционирования системы и конкретным типам входной информации.

Если через случайные интервалы времени, распределенные по экспоненциальному закону с параметром μ , с вероятностью q_m появляется сразу m новых объектов, то вероятность того, что в БД полностью отражены реальные объекты конкретного типа,

$$P_{\text{полн}} = \exp \left\{ -\mu \int_0^{\infty} [1 - \Phi(B(t))] dt \right\} ,$$

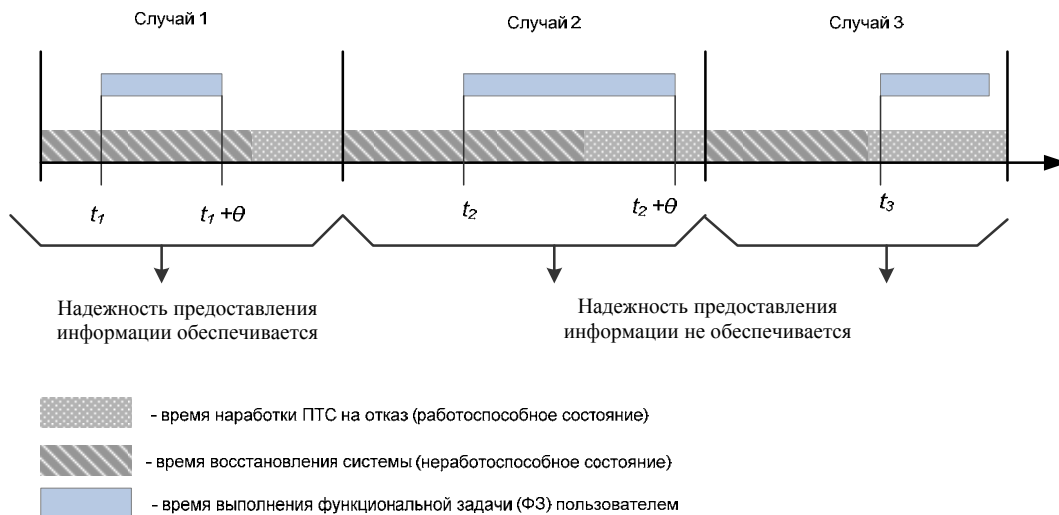


Рис. 2. Описание модели процессов предоставления информации

где $\Phi(z) = \sum_{m>0} q_m z^m$ – производящая функция; $B(t)$ –

функция распределения времени подготовки, передачи и ввода в БД информации о новых объектах.

В частном случае, когда одновременно может появиться лишь один новый объект учета, т. е. производящая функция $\Phi(z) = z$, а также в случае, когда

$$B(t) = \begin{cases} 0, & t < b \\ 1, & t \geq b \end{cases}$$

при любом $\Phi(z)$, справедливо

$$P_{\text{полн}} = \exp(-\mu b), \text{ где } b = \int_0^{\infty} t dB(t).$$

3. Модель процессов сбора информации от объектов.

Кроме изменения состава объектов системы, происходят изменения характеристик состояния указанных объектов, которые также должны отражаться в БД. В соответствии с принятым в системе алгоритмом сбора входной информации обновляемые данные от объектов заносятся в базу данных.

Возможны следующие алгоритмы сбора информации:

- по регламенту, когда информация собирается от объектов и заносится в БД через постоянный период времени, установленный для системы регламентом;

- сразу по изменению состояния объекта, когда информация поставляется от объектов сразу после значимого изменения состояния одного или нескольких отслеживаемых объектов;

- по запросу от оператора.

В промежутке времени между изменением состояния объекта и занесением этих изменений в БД соответствующая выходная информация считается недостаточно актуальной, если ее отличие от реальной превышает допустимые пределы, определяемые функциональным назначением этой выходной информации (т. е. если в реальности произошли значимые изменения и они не отражены в БД). Неактуальная БД является угрозой целостности информации в системе. Оценка степени актуальности выходной информации, сформированной на основе использования БД, должна осуществляться в приложении к конкретному периоду функционирования системы и конкретным типам форм входных документов, на основании которых формируется БД. Описание предлагаемой модели представлено на рис. 3.

Вероятность сохранения актуальности информации на момент ее использования:

а) для алгоритма выдачи информации от источника сразу по происшествии значимого изменения текущего состояния объектов

$$P = \frac{1}{c} \int_0^{\infty} B(t) [1 - C(t)] dt;$$

б) для алгоритма обновления БД вне зависимости от наличия или отсутствия изменения текущего состояния объектов (например, при сборе по регламенту)

$$P = \frac{1}{q} \int_0^{\infty} \left\{ [1 - Q(t)] \left[1 - \int_0^{\infty} C(t + \tau) dB(\tau) \right] \right\} dt,$$

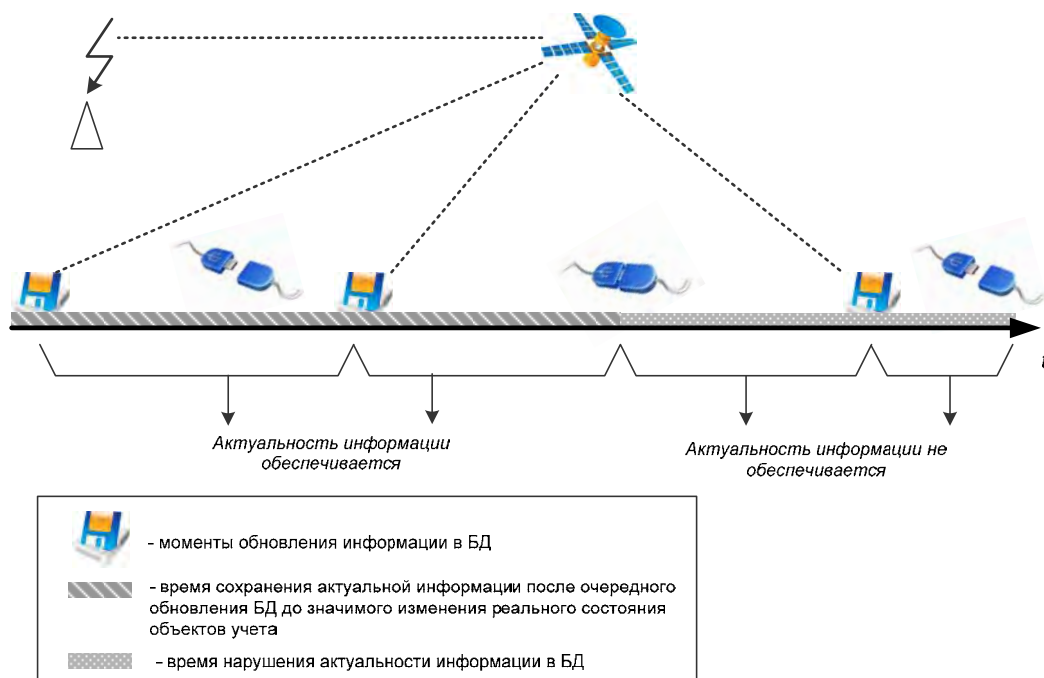


Рис. 3. Графическое описание модели процессов сбора информации

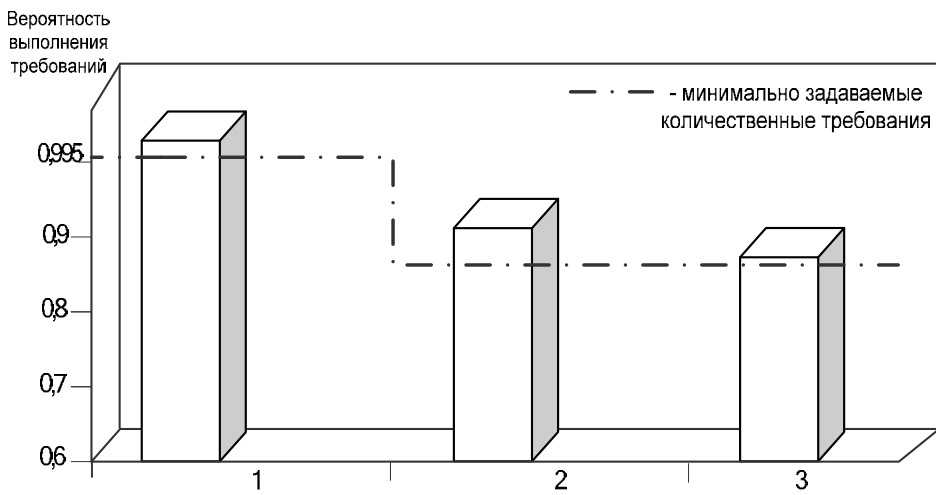


Рис. 4. Степень выполнения предъявленных требований

где $C(t)$ – функция распределения времени значимого изменения реальной информации относительно информации, хранимой в БД, c – МОЖ; $B(t)$ – функция распределения времени подготовки, передачи и ввода информации для обновления БД, b – МОЖ; $Q(t)$ – функция распределения длительности интервалов между соседними обновлениями БД, q – МОЖ.

В частном случае, когда функции распределения $Q(t)$, $B(t)$, $C(t)$ – экспоненциальные:

$$\text{а) } P = \frac{c}{c+b}; \quad \text{б) } P = \frac{c^2}{(c+b)(c+q)}.$$

В случае, когда алгоритм обновления БД – регламентный:

$$Q(t) = \begin{cases} 0, & t < q \\ 1, & t \geq q \end{cases}; \quad P = \frac{c^2}{q(c+b)} \left[1 - \exp\left(-\frac{q}{c}\right) \right].$$

При создании автоматизированной системы управления, реализующей мониторинг составляющих объектов, в качестве которых могут выступать приборы различного назначения, предъявляются количественные требования в части надежности, полноты и актуальности информации. При этом в процессе функционирования системы информация о состоянии и критических режимах работы передается в информационный центр управления, где она вводится в единую БД. Для проверки соответствия системы предъявленным требованиям используется представленный выше предложенный комплекс мо-

делей. По результатам моделирования с использованием характеристик реально работающей системы управления и контроля группой объектов устанавливается, что характеристики комплекса соответствуют предъявленным требованиям (рис. 4).

Применение предложенных моделей информационного управления и контроля позволит расширить функциональные возможности, а также повысить эффективность разработки комплексов, систем управления и надежность их функционирования. Дополнительные расчеты на моделях дают возможность оценить качество функционирования комплексов и систем и выработать рекомендации для улучшения их характеристик.

Литература

1. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Методология, организация, терминология / Под ред. А. И. Ремебезы. М.: Машиностроение, 1986.
2. Вопросы математической теории надежности / Под ред. Б. В. Гнеденко. М.: Радио и связь, 1983.
3. Прусаков Г. М. Математические модели и методы в расчетах на ЭВМ. М.: Физматлит, 1993.
4. Кульба В. В. Об информационном управлении. Информатика и вычислительная техника. М.: Наука, 1996.