

ПРИЛОЖЕНИЕ № 6. АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАК СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

6.1. Общие положения. Показатели эффективности

На эффективность СУ существенное влияние оказывает их производительность.

Оценить это влияние можно на базе анализа соответствующих моделей систем массового обслуживания (СМО).

Объясняется это тем, что подобные модели достаточны для определения с требуемой точностью ряда показателей эффективности СУ, таких как вероятность обслуживания тех или иных сообщений (требований), время их нахождения в системе управления и т. д.

При этом не учитывается содержание поступающих требований (сигналов, команд), и процесс обслуживания сводится к процессу выделения соответствующих сил и средств на время, необходимое для обслуживания этих требований.

Использование моделей массового обслуживания помогает найти основные закономерности, определяющие возможности процессов, комплексов, систем с позиций обслуживания и позволяющие:

1. Выявлять зависимость показателей эффективности систем СУ от параметров входных потоков $\{X_{вх}\}$ и параметров обслуживания $\{X_{СРР СМО}\}$:

$$W = F[\{X_{вх}\}\{X_{СРР СМО}\}].$$

2. Оценивать эффективность СУ как СМО. На базе найденных закономерностей выявлять их основные недостатки, узкие места и формулировать основные направления рационального согласования СУ с поступающими на обслуживание потоками, т. е. рациональные процедуры обслуживания и принципы структурной и параметрической адаптации СУ к поступающим входным потокам.

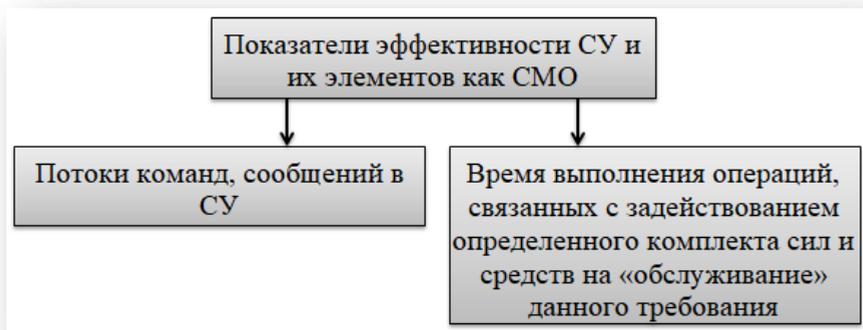


Рис. 6.1. Показатели эффективности СУ и их элементов как СМО

Все показатели эффективности СУ и их элементов как СМО можно разделить на общие и частные. **Основными общими показателями будут:**

1. Вероятность обслуживания требования при времени пребывания системе ($\tau_{\text{проб}}$), не превышающем допустимого $\tau_{\text{проб доп}}$:

$$P_{\text{обсл}} = \frac{1}{T} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{N_{\text{вх}}(T)}{N_{\text{вых}}(T)} \text{ при } \tau_{\text{проб}} \leq \tau_{\text{проб доп}},$$

где $N_{\text{вх}}(T)$, $N_{\text{вых}}(T)$ – число требований на входе и выходе СМО за время T . Для стационарных потоков последнее соотношение принимает вид

$$P_{\text{обсл}} = \frac{\lambda_{\text{вых}}}{\lambda_{\text{вх}}} \text{ при } \tau_{\text{проб}} \leq \tau_{\text{проб доп}},$$

где $\lambda_{\text{вых}}$, $\lambda_{\text{вх}}$ – интенсивности выходного и входного потоков требований (среднее количество соответствующих требований в единицу времени).

2. Время пребывания требования в СМО при вероятности обслуживания не хуже требуемой.

3. Средняя интенсивность входного потока, при которой вероятность обслуживания требований и время их пребывания в системе обслуживания не хуже требуемых.

К частным показателям эффективности обслуживания можно отнести:

- вероятности обслуживания и потери требований с различными приоритетами $P_{\text{обсл}}$, $P_{\text{пот}}$ (по времени и по требованиям);
- время пребывания требований в СМО (закон распределения и его параметры);
- форма и продолжительность переходного периода в СМО.

Кроме этого, важными показателями СМО будут:

- среднее число занятых трактов обслуживания

$$\bar{N} = \sum_{k=1}^N kP_k, \text{ где } P_k - \text{вероятность того, что будут заняты } k$$

приборов из N ;

- коэффициент занятости трактов или системы в целом

$$k_3 = \frac{\bar{N}}{N};$$

- коэффициент простоя

$$k_n = 1 - \frac{\bar{N}}{N}.$$

6.2. Особенности представления входных Потоков

При анализе СУ или Ор и их элементов как СМО достаточными характеристиками входных потоков будут характеристики, отражающие их свойства как соответствующие импульсные потоки, характеризующиеся законом моментов появления требований $w_1(t_1, t_2, \dots, t_n)$, где $1, 2, \dots, n$ – индексы соответствующих требований, а также законом распределения длительностей, периодов, пауз – $w_2(\tau), w_3(T), w_4(Q)$.

Входные потоки могут быть:

- детерминированными (перечисленные выше законы однозначно отражают моменты поступления требований, их длительности, периоды, паузы);
- случайными, когда эти законы становятся вероятностными.

Особенности представления случайных потоков приведены в приложении № 4.

Если входной поток представляет собой сумму частных потоков с различными приоритетами в обслуживании (требования потока k -го приоритета обслуживаются вне очереди относительно требований потоков любого j -го приоритета, $j \geq k+1$), то его основными характеристиками будут:

- список приоритетов;
- характеристики каждого частного потока;
- характеристики суммарного потока;
- признаки определения приоритетности;
- характеристики изменения приоритетности потоков.

6.3. Модели систем массового обслуживания

Моделями СМО, позволяющими получить необходимые количественные соотношения, также могут являться аналитические соотношения, отражающие алгоритмы, процессы обслуживания.

Для описания аналитических моделей широко используются общие методы теории вероятности и ее разделов, в частности, марковских случайных процессов.

При параметрической адаптации может изменяться определенным образом время обслуживания.

При структурной адаптации изменяются процедура обслуживания и структура СМО (например, порядок обслуживания требований, образование очереди).

При организации взаимодействия должна быть предусмотрена возможность передачи нагрузки на другие системы массового обслуживания или запоминающие устройства, которые в данный момент времени оказались недогружены.

Анализ основных моделей СМО приведен в приложении № 6.4.

6.4. Особенности оценки эффективности системы управления как многоэлементных СМО

Реальные СМО могут быть представлены определенной совокупностью систем массового обслуживания.

При оценке таких сложных систем могут использоваться:

- последовательная оценка показателей эффективности отдельных систем массового обслуживания и определение общей вероятности

$$\text{обслуживания как } P_{\text{обсл}} = \frac{\lambda_{\text{всл}}}{\lambda_{\text{вк}}};$$

- определение времени обслуживания требований в системе методом сетевых графиков;
- определение общих показателей эффективности методами статистического моделирования.

В первом случае, при использовании известных соотношений важно учесть, что в каждой СМО может осуществляться не только обслуживание, но и «разрежение». Последнее объясняется тем, что входной поток может содержать не только нужные, но и ненужные требования:

$$\lambda_{вхj} = \lambda_{вхjn} + \lambda_{вхjp} = P_{nj} \lambda_{вхj} + P_{пj} \lambda_{вхj},$$

где $\lambda_{вхjn}$ – входной поток нужных требований; $\lambda_{вхjp}$ – входной поток посторонних требований; $P_{nj} = \frac{\lambda_{вхjn}}{\lambda_{вхj}}$, $P_{пj} = \frac{\lambda_{вхjp}}{\lambda_{вхj}}$; j – индекс соответствующей СМО.

Поэтому интенсивность выходного потока j -й СМО можно определить как

$$\lambda_{вых} = P_{обслj}(\lambda_{вхj}) [P_{пр\ расп} P_{nj} \lambda_{вхj} + P_{л\ расп} P_{пj} \lambda_{вхj}],$$

где $P_{обслj}(\lambda_{вхj})$ зависит от типа СМО и ее параметров.

Анализ многоэлементных (многофазных) систем МО показывает, что их эффективность зависит от интенсивности потоков, поступающих на соответствующие фазы обслуживания, параметров соответствующих СМО и особенностей разрежения потоков в каждой фазе.

Наиболее рационально организованные многоэлементные СМО, как показывает анализ, должны удовлетворять следующим принципам:

- СМО, обладающие большей пропускной способностью, должны быть поставлены в фазах, где интенсивности входных потоков максимальны;
- СМО, которые наиболее эффективно разряжают входные потоки, должны быть поставлены как можно ближе к входу;
- в сложной СМО пропускные способности отдельных элементов должны быть согласованы.

Определение времени обслуживания требований в сложных многофазных СМО можно делать на базе сетевых графов. Фактически к данному случаю сводится широкий круг задач, в решении которых принимает участие большое число элементов какой-либо системы, а показателем, по которому исследуется задача, является время выполнения всей работы, например разработка плана решения какой-либо задачи.

Математическим методом решения таких задач является метод сетевого планирования, который позволяет не только оценивать время выполнения поставленной задачи, но и проводить его минимизацию.

При оценке времени выполнения работы рациональная последовательность операций сводится к следующему. Данные об элементах, участвующих в решении поставленной задачи, заносятся в исходную таблицу (см. табл.6.1)

Таблица 6.1

Элементы	Работы (процессы), которые выполняет элемент	Опираются на работы
\mathcal{E}_1	a_1 a_2 · ·	– $a_1 a_m$ –
\mathcal{E}_2	a_k a_{k+1} a_{k+2}	$a_1 a_m$
· ·		
\mathcal{E}_N	a_n	$a_i a_j$

На базе табл. 6.1 составляется таблица, в которой работам дается новая упорядоченная нумерация (каждая работа может опираться только на работы с меньшими порядковыми номерами). На основании упорядоченной таблицы работ (процессов) составляется сетевой график.

При этом работы (процессы) обозначают стрелками, проекция которых на ось времени отражает время выполнения соответствующих работ, а события, состоящие в выполнении каких-либо работ и возможности начать новые работы, – кружками и узлами.

Логические связи между работами обозначаются пунктирными стрелками, не означающими никакой реальной работы (иногда их называют фиктивными работами).

Время от начального узла до завершающего узла и определяет общее время выполнения работы $t_{\text{раб}^\Sigma}$.

Работы, которые определяют $t_{\text{раб}^\Sigma}$, называются критическими, а цепочка соответствующих стрелок на сетевом графике – критическим путем.

Минимизация $t_{\text{раб}^\Sigma}$ производится путем анализа работ, определяющих критический путь, а также путем перераспределения задач и ресурсов с целью изменения последовательности выполнения отдельных работ и времени их выполнения таким образом, чтобы $t_{\text{раб}^\Sigma}$ было бы существенно уменьшено.

В сложных случаях для определения основных показателей СМО, времени решения отдельных задач, разработки рекомендаций по повышению эффективности процессов, комплексов или систем специальной радиоразведки с точки зрения более эффективного обслуживания оказывается целесообразным статистическое моделирование СМО.