

Гришина Т. Г., д-р техн. наук,
Митрофанов В. Г., д-р техн. наук, проф.,
Феофанов А. Н., д-р техн. наук, проф.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

grishena@mail.ru

Рассматриваются условия, обеспечивающие заданную оперативность работы органа управления автоматизированными станочными системами. Сформулированы четыре возможные варианты управления. Показано, что продолжительность цикла управления зависит от принятого варианта организации управления.

Ключевые слова: оперативность управления, технологические системы, передача информации, случайная величина, подсистема.

Используя полученные известные соотношения [1, 2], можно сформулировать условие, выполнение которого обеспечивает заданную оперативность работы органа управления автоматизированным производством при выработке решения в h -м цикле управления:

$$t_r + T_{к.ц.гh} + T_{згh} \leq t'_{задh}, \quad (1)$$

где t_r – текущий момент реального времени, когда по результатам цикла контроля лица, принимающего решения, санкционирует работы по изменению ранее принятых решений; $T_{к.ц.гh}$ – гарантированная продолжительность работ в цикле контроля, направленных на определение допустимого времени перестройки автоматизированного производства; $t'_{задh}$ – заданный момент времени, к которому должны быть выработаны управляющие воздействия в h -м цикле управления.

В формуле (1) использовано приближенное выражение, когда непосредственно суммируются гарантированные продолжительности выполнения отдельных этапов процесса управления.

При выполнении условий (1) управляющие воздействия (приказы) вырабатываются с заданной оперативностью. Невыполнение его означает, что нарушена заданная лицом, принимающим решения, организация функционирования органа управления автоматизированным производством. В этом случае в первую очередь, необходимо установить, в каком звене нарушен ритм работы: или в одном из звеньев органа управления, или на одном из этапов работы органа управления той или иной группой лиц, осуществляющих реализацию (при обосновании проектных или технологических решений), или в звене вычислительной системы (вычислительного комплекса) [3,4].

С этой целью целесообразно вести постоянный контроль за временами реализации

отдельных этапов обоснования и выработки решений в различных звеньях автоматизированного производства и проверять дополнительно выполнение условий вида

$$\Delta t_{\phi} \leq \Delta t \quad (2);$$

$$\Delta t_{\phi} \leq \Delta t + k_r \sigma, \quad (3)$$

где Δt_{ϕ} – фактическое время выполнения того или иного этапа обоснования решения (процесса управления); Δt – математическое ожидание продолжительности соответствующего этапа; k_r – коэффициент гарантии; σ – среднеквадратическое отклонение величины Δt_{ϕ} от ее математического ожидания.

Проверка выполнения условий (2) или (3) кроме установления факта запаздывания в том или ином звене может дать информацию и об опережении временного графика работы. В этом случае образуется резерв времени, который может быть использован для исследований дополнительных вариантов в отдельных контурах и тем самым повышения обоснованности принимаемых решений.

Условие (1) определяет требование к оперативности функционирования лишь подсистемы выработки решений в процессе управления. Чтобы сформулировать подобное условие для системы управления автоматизированным производством необходимо рассмотреть совместно функционирование еще двух других подсистем: связи и управляемого объекта. В качестве управляемых объектов могут выступать непосредственно участки, цехи или заводы, имеющие свои органы управления и вырабатывающие собственные решения, которые конкретизируют, уточняют, оптимизируют и реализуют решения вышестоящих звеньев системы. Условие, выполнение которого обеспечивает заданную оперативность работы системы управления

автоматизированным производством в h -м цикле, имеет вид

$$t_T + T_{к.ц.г.г} + T_{п.у.г.г} [\psi_1, \psi_2, T_{3h}(Y), \sigma_{3h}(Y), T_{3h}(y), \sigma_{3h}(y), T_{c1h}(P_{зад.с1}), T_{c2h}(P_{зад.с2})] \leq t_{зад.г}. \quad (4)$$

Здесь $T_{п.у.г.г}$ – гарантированное время работы системы в h -м цикле управления, зависящее от оперативности управляющего и управляемого объектов, подсистемы связи, а также от варианта управления; ψ_1, ψ_2 – параметры, определяющие вариант управления; $T_{3h}(Y) \equiv T_{3h}, \sigma_{3h}(Y) \equiv \sigma_{3h}$ – величины, характеризующие оперативность управляющего объекта и вычисляемые по формулам:

математическое ожидание продолжительности цикла управления –

$$T_3 \sum_{\xi=1}^N \left(\sum_{j=1}^{n_{\xi}} T_{2j\xi} + \Delta T_{31\xi} \right) + \Delta T_{32} + \Delta T_{33};$$

среднеквадратическое отклонение продолжительности цикла управления –

$$\sigma_3^2 = \sum_{\xi=1}^N \left(\sum_{j=1}^{n_{\xi}} \sigma_{2j\xi}^2 + \sigma_{31\xi}^2 \right) + \sigma_{32}^2 + \sigma_{33}^2.$$

$T_{3h}(y), \sigma_{3h}(y)$ – соответственно математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение времени переработки на управляемом объекте параметров цели (целеполагания) в параметры решения (эти величины характеризуют оперативность управляемого объекта); $T_{c1h}(P_{зад.с1})$ – время, затрачиваемое подсистемой связи для передачи решения на управляемый объект с вероятностью $P_{c1} \geq P_{зад.с1}$; $T_{c2h}(P_{зад.с2})$ – время передачи с управляемого на управляющий объект подтверждения о принятии решения или предлагаемых управляемым объектом решений для утверждения управляющим объектом с вероятностью $P_{c2} \geq P_{зад.с2}$; $t_{зад.г}$ – заданный момент времени, к которому управляемые объекты должны быть готовы начать

$$t_{п.с} = t_3(Y) + \psi_1 t_3(y) + (1 - \psi_2) t_{c1c} + \psi_2 t_{c1д} + \psi_1 \psi_2 t_{c2д}, \quad (5)$$

где $t_3(Y) + \psi_1 t_3(y) = t_p$ – время выработки решений; $(1 - \psi_2) t_{c1c} + \psi_2 t_{c1д} + \psi_1 \psi_2 t_{c2д} = t_c$ – время связи; $t_{c1c}, t_{c1д}$ – время передачи решения (приказа) на управляемый объект в вариантах соответственно симплексной (односторонней) и дуплексной (двусторонней) связи; $t_{c2д}$ – время передачи решений, выработанных управляемым объектом, при задании приказа в форме цели для утверждения управляющим объектом.

Величина t_{c1c} не является случайной. Она представляет собой суммарное время нескольких передач одного и того же

выполнение выработанных решений, т.е. $t_{зад.г} = t_T + \Delta t$, где Δt – допустимое время перестройки автоматизированного производства, определяемое в цикле контроля по результатам анализа и прогнозирования хода производственных процессов.

Возможны следующие четыре варианта управления [5-7].

I вариант. Использование решений, выработанных органом управления. Подтверждения о приеме решения управляемым объектом не требуется. Управляющие параметры принимают значения $\psi_1 = 0; \psi_2 = 0$.

II вариант. Использование решений, выработанных органом управления. Требуется подтверждение о приеме решения управляемым объектом. Управляющие параметры принимают значения $\psi_1 = 0; \psi_2 = 1$.

III вариант. Задание приказа в форме цели. Утверждения решений, выработанных управляемым объектом, не требуется. Управляющие параметры принимают значения $\psi_1 = 1; \psi_2 = 0$.

IV вариант. Задание приказа в форме цели. Требуется утверждение управляющим органом решений, выработанных управляемым объектом. Управляющие параметры принимают значения $\psi_1 = 1; \psi_2 = 1$.

Для проверки условия (4) необходимо найти математическое ожидание $T_{п.у}$ и среднеквадратическое отклонение $\sigma_{п.у}$ общей продолжительности цикла управления $t_{п.у}$. В соответствии с описанной логикой функционирования системы при различных вариантах управления получаем следующее выражение, связывающее случайную величину $t_{п.у}$ со случайными величинами продолжительности работы отдельных подсистем системы управления:

сообщения, в котором содержится приказ управляемому объекту. Многократная передача сообщения в полном объеме – вынужденная мера, характерная для симплексной связи. К ней приходится прибегать, чтобы добиться заданного значения вероятности безошибочной передачи $P_{зад.с1}$. Если время одной передачи равно Δt_{c1} , а вероятность безошибочной передачи одного сообщения P_{c1} , то

$$t_{c1c} = N_{c1} \Delta t_{c1}.$$

Здесь

$$N_{c1} = \begin{cases} E(x) & \text{при } \{x\} = 0; \\ E(x)+1 & \text{при } \{x\} > 0, \end{cases}$$

где $E(x)$, $\{x\}$ – соответственно целая и дробная части числа x ; $x = \lfloor \ln(1 - P_{\text{зад.с1}}) / \ln(1 - P_{c1}) \rfloor$.

В отличие от t_{c1c} величины $t_{c1д}$ и $t_{c2д}$ для варианта дуплексной связи являются случайными, поскольку случайным является число передач. Это связано с тем, что здесь появляется возможность повышения достоверности передачи сообщений за счет использования обратной связи для контроля правильности передачи и повторения ее только в случае выявления ошибки. При такой организации система связи приобретает свойство адаптивности, поскольку число передач автоматически контролируется самой системой для достижения надежного прохождения и приема сообщений. Законы распределения величин $t_{c1д}$ и $t_{c2д}$ зависят от принятого метода контроля.

Рассмотрим один из сравнительно простых вариантов закона распределения, имеющий место при разбиении сообщения на L_1 (L_2) блоков и поблочном контроле правильности передачи. Можно показать, что в этом случае плотность вероятностей величины $t_{c1д}$ является

$$\begin{aligned} T_{п.у} &= T_3(Y) + \psi_1 T_3(y) + (1 - \psi_2) N_{c1} \Delta t_{c1} + \psi_2 \Delta t_{c1} / P_{cL_1} + \psi_1 \psi_2 \Delta t_{c2} / P_{cL_2}; \\ \sigma_{п.у}^2 &= \sigma_3^2(Y) + \psi_1 \sigma_3^2(y) + \psi_2 (1 - P_{cL_1}) \Delta t_{c1}^2 L_1^{-1} P_{cL_1}^{-2} + \psi_1 \psi_2 (1 - P_{cL_2}) \Delta t_{c2}^2 L_2^{-1} P_{cL_2}^{-2}; \\ T_{п.у.г} &= T_{п.у} + k_r \sigma_{п.у}. \end{aligned}$$

Из рассмотрения полученных соотношений можно сделать следующие практические выводы [8].

Продолжительность цикла управления зависит от принятого варианта организации управления. Наибольшая продолжительность цикла управления соответствует варианту IV, когда управляющие воздействия задаются в форме цели. Это связано с тем, что на управляемом объекте параметры цели необходимо переработать в параметры решения, передать их на управляющий объект и получить его утверждение на исполнение решения. Длительность цикла управления при этом увеличивается, но управляемому объекту предоставляется определенная свобода действий при выборе путей достижения заданной ему цели. Это позволяет более полно учесть особенности конкретно сложившейся обстановки, всей информацией о которой управляющий объект, как правило, не располагает, осуществить творческий поиск оптимальных путей решения поставленной задачи в рамках ограничений, определенных множеством параметров целеполагания.

отрицательным биномиальным распределением:

$$t_{c1д} = u \Delta t_{c1} / L_1;$$

$$f(u) = \begin{cases} 0 & \text{при } u < L_1; \\ C_{u-1}^{u-L_1} P_{cL_1}^{L_1} (1 - P_{cL_1})^{u-L_1} & \text{при } u \geq L_1, \end{cases} \quad (6)$$

где u – случайное число передач; P_{cL_1} – вероятность безошибочной передачи одного (любого) из L_1 блоков, на которые разбивается сообщение.

Аналогичные выражения имеют место для $t_{c2д}$. Из зависимости (6) получаем следующие выражения для математического ожидания $T_{c1д}$ и среднеквадратического отклонения $\sigma_{c1д}$ продолжительности связи:

$$T_{c1д} = \Delta t_{c1} / P_{cL_1}; \quad \sigma_{c1д}^2 = (1 - P_{cL_1}) T_{c1д}^2 / L_1.$$

Время передачи данных по каналам системы связи оказывает существенное влияние на оперативность управления. Выбором способа передачи (в частности, числа блоков L , на которые разбивается сообщение) это время может быть минимизировано.

Поскольку все случайные величины, входящие в выражение (5), являются независимыми, окончательно получаем:

Вариант IV управления в наибольшей степени позволяет учитывать реальные возможности исполнителей. Он реализует также этап управления, который именуется согласованием планов. По заданной старшим в иерархическом отношении органом цели младшие (подчиненные) органы готовят свои предложения. Старшие органы их рассматривают, корректируют, если необходимо, и утверждают как новый план действий. Этот процесс может быть итерационным.

Для поддержания заданной оперативности управления автоматизированным производством кроме суммарного значения продолжительности цикла управления $T_{п.у.г}$ необходимо располагать статистическими данными по его основным компонентам. Если условие (4) выполняется, то для характеристики оперативности управления руководителю достаточно одной величины – суммарной продолжительности цикла управления. Если же условие (4) не выполняется, то необходимо оценить параметры подчиненных иерархических уровней, которые подробнее характеризуют

состояние процесса управления. В рассматриваемом случае это – параметры, определяющие качество работы самого управляющего объекта, подсистемы связи и управляемых объектов. Рассмотрение этих величин позволяет выявить, какая из подсистем нарушает заданный руководителем ритм работы, и принять меры для перестройки ее работы.

В практике работы органов управления автоматизированным производством разработанные методы оценки оперативности могут быть использованы в следующих двух направлениях.

1. Для текущего контроля хода процесса обоснования и выработки решений в различных циклах путем сопоставления заданных (прогнозируемых) и реальных затрат времени на их выполнение. По результатам контроля могут уточняться планы работ отдельных лиц, осуществляющих реализацию, групп лиц, осуществляющих реализацию, и лиц, принимающих решения.

2. Для целесообразного распределения временных ресурсов между лицами, принимающими решения, группами лиц, осуществляющих реализацию, и отдельными лицами, осуществляющими реализацию, в целях достижения максимально возможной обоснованности вырабатываемых решений.

Для реализации первого направления методы определения оперативности должны быть оформлены в виде отдельных модулей СМОУ автоматизированным производством. Для второго направления характерно непосредственное включение формульных зависимостей, по которым оценивается продолжительность того или иного цикла, в формулировке соответствующих оптимизационных задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гришина Т.Г. Факторы, влияющие на оперативность управления технологическими системами // Вестник МГТУ «Станкин». 2011. № 3 (15). С.167-170.
2. Феофанов А.Н., Митрофанов В.Г., Капитанов А.В. Выбор типа модели производственных систем // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2011. № 4. С. 96-98.
3. Митрофанов В.Г., Капитанов А.В., Семилеткин В.Ю. Выбор компонент программно-технической платформы информационно-аналитической системы//Межотраслевая информационная служба. 2010. № 4. С. 38-46.
4. Капитанов А.В., Семилеткин В.Ю., Феофанов А.Н. Программно-техническая платформа информационно-аналитической системы // Технология машиностроения. 2011. № 7. С. 67-69.
5. Митрофанов В.Г., Попов А.П. Моделирование задачи проектирования комплекса технических средств АСУ // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2009. № 2 (24). С. 172-176.
6. Митрофанов В.Г. Интегрированные производственные системы // Вестник МГТУ Станкин. 2008. Т. 1. № 1. С. 65-67.
7. Григорьев С.Н. Научно-технические проблемы построения современных технологических систем с числовым программным управлением // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 4. С. 19-26.
8. Гришина Т.Г. Вероятностное обоснование и принятие решений при управлении автоматизированным производством // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. №1. С. 48-52.