

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ

А.Г. Ивахненко, О.В. Аникеева,

М.Л. Сторублев (Юго-Западный государственный университет)

Предложена математическая модель системы менеджмента качества на уровне деятельности промышленного предприятия в пространстве состояний. Использование значений целей предприятия в области качества и скорости их изменения во времени как переменных состояния позволяет использовать существующие на предприятии потоки информации. Приведен пример использования линеаризованной модели для четырех вариантов конкретных условий функционирования системы менеджмента качества.

Ключевые слова: качество, продукция, процесс, математическая модель, пространство состояний, система менеджмента качества.

При реализации любых функций управления (планирование, организация деятельности, мотивация и контроль) в любой системе менеджмента принимаются решения, для обоснования которых применяются различные математические модели и методы [1]. В данной работе предложена математическая модель системы менеджмента качества (СМК) на уровне деятельности промышленного предприятия в пространстве состояний.

Для разработки математической модели формирования качества требуется определение переменных состояния, входных/выходных переменных, а также структуры и параметров уравнений системы. Ключевым моментом является определение собственно самих переменных состояния, и это определение является неоднозначным. При рассмотрении не отдельных производственных или технологических процессов, а деятельности предприятия в целом, были предложены два различных подхода к определению этих переменных. Если в работе [2] фазовыми переменными были выбраны создаваемая ценность (I , ед. цен.) и изменение затрат (U , руб./ч), то в работе [3] к переменным состояния были отнесены относительные значения показателя качества продукции и скорость его изменения во времени.

В данной работе предлагается новый (третий) подход, основанный на использовании СМК, действующей на предприятии, и соответствующей информации. Оперативное планирование, контроль и улучшение деятельности в СМК основано на целях в области качества для всего предприятия, которые разрабатываются как отдельный документ с учетом положения об их измеримости. Именно цели предприятия в области качества и скорость их изменения во времени однозначно и единственным образом позволяют определить положение СМК в любой момент времени и использовать существующие на предприятии потоки информации. Поэтому целесообразно выбрать переменными состояния либо значения самих целей и скорости их изменения, либо отклонения от значений этих целей и скорости их изменения.

Введем в рассмотрение:

1) вектор переменных состояния деятельности промышленного предприятия (текущие значения це-

лей в области качества или отклонений от них, и скорость их изменения) — $X(t)$ и $dX(t)/dt$ соответственно;

2) вектор управления деятельностью предприятия в области качества $U(t) = [X(t)]$, где $[X(t)]$ — требуемые значения целей в области качества к деятельности предприятия и ее результатов, соответственно, установленные на основе учета требований и ожиданий потребителей и заинтересованных сторон показателей и их удовлетворенности, а также показателей качества комплектующих, сырья и материалов;

3) цель управления — достижение требуемых значений целей в области качества к деятельности предприятия и ее результатов $[X(t)]$ с допустимыми величинами отклонений $[\Delta X(t)]$, после установленного периода времени, в течение заданного периода времени и др.

Текущие значения целей в области качества при отсутствии возмущений и помех можно представить следующим уравнением:

$$dX(t)/dt = H(X(t)) + L(U(t)), \quad (1)$$

где H оператор характеризует системные свойства деятельности, а оператор L отражает вклад управления по отношению к деятельности на изменение ее состояний.

Система уравнений (1) является моделью управления качеством в пространстве состояний достаточно общего вида. На основе опыта исследований [2, 3] при определении структуры оператора H необходимо учитывать следующие факторы при параметрах состояния и их производных:

– $d^2 X(t)/dt^2$ — инерционность процесса, учитывающая его сложность;

– $dX(t)/dt$ — организационный коэффициент сопротивления, зависящий от инерционности и жесткости процесса;

– $X(t)$ — жесткость процесса, учитывающая потенциал организации.

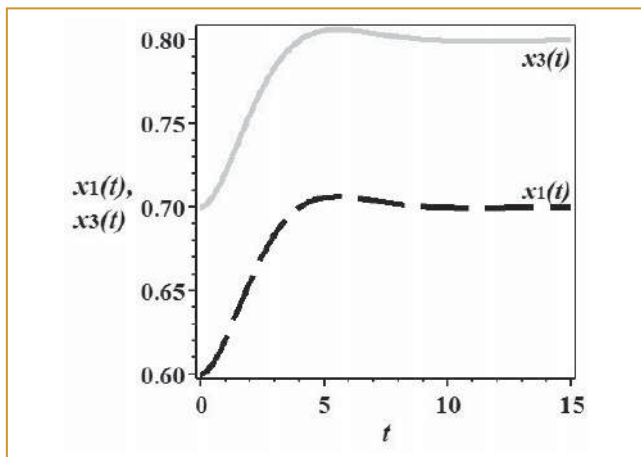
Известно, что модели такого рода являются существенно нелинейными [3], однако для исследования некоторых свойств и получения приближенных результатов, можно использовать известные методы линеаризации [4]. Отметим, что нелинейным будет только оператор H , а оператор L будет линейным — матрицей, поскольку управление производится

Таблица. Параметры модели

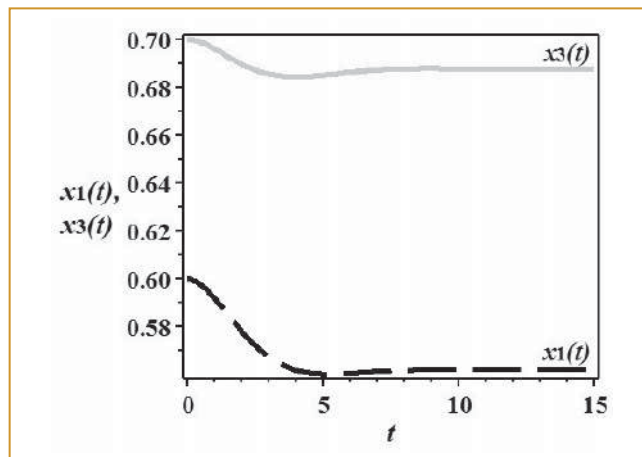
№	h_{21}	h_{22}	h_{23}	h_{24}	h_{41}	h_{42}	h_{43}	h_{44}	l_{22}	l_{24}
I	-0,57	-1	0	0	0	0	-0,57	-1	0,57	0,57
II	-0,57	-1	-0,02	0	-0,02	0	-0,57	-1	0,57	0,57
III	-0,57	-1	-0,02	0	-0,02	0	-0,57	-1	0,7	0,67
IV	-0,57	-0,86	-0,07	-1,17	-0,06	-0,86	-0,67	-1,17	0,66	0,73

Примечание. Значения коэффициентов соответствуют $C_1 = C_2 = 0,4$.

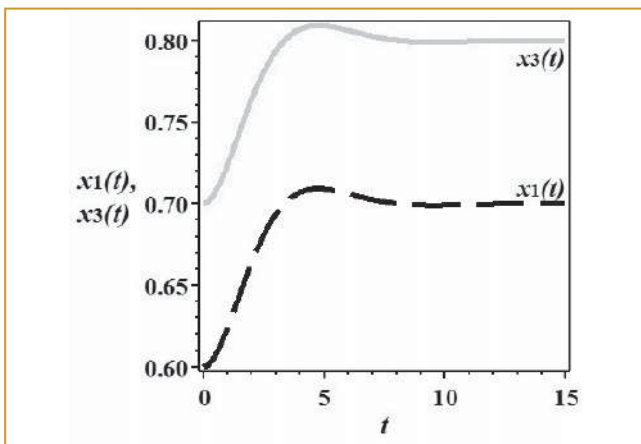
Для вариантов I-III $m_1 = m_2 = 0,7, j_1 = j_2 = 0,7$. Для варианта IV $m_1 = 0,7, m_2 = 0,6, j_1 = 0,6, j_2 = 0,7$.



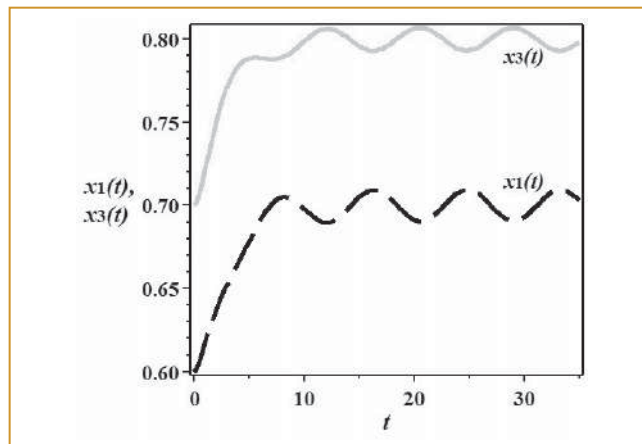
Вариант I



Вариант II



Вариант III



Вариант VI

Результаты моделирования деятельности предприятия по достижению целей в области качества

по целям в области качества. Рассмотрим следующий пример, считая, что линеаризация оператора H была выполнена.

Пример. На некотором предприятии были поставлены две цели оперативного управления в области качества — достичь значений $u_1 = [x_1] = 0,7$ и $u_2 = [x_2] = 0,8$, при их начальных значениях $x_1(0) = 0,6$ и $x_3(0) = 0,7, x_2(0) = x_4(0) = 0$. Система уравнений (1) становится автономной на рассматриваемом периоде времени и будет иметь вид:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} & h_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & l_{24} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ u_1 \\ 0 \\ u_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Автономность системы (2) обусловлена тем, что СМК относится к социально-экономическим и организационно-техническим системам, и ввиду ее инерционности цели в области качества разрабатываются, как правило, на один год. В связи с этим целевые значения u_1 и u_2 являются постоянными величинами, в отличие от управляющих воздействий в технических системах, где они могут непрерывно изменяться в течение всего периода управления.

На основе аналогии с механическими системами, использованной в [3] при рассмотрении уравнения динамики: $md^2x/dt^2 + jdx/dt + cx = F$ (m — масса; j — демпфирование, c — жесткость); коэффициенты в уравнениях (2) имеют следующий смысл: $h_{21}, h_{23}, h_{41}, h_{43}, h_{22}, h_{24} \sim c/m; h_{22}, h_{24}, h_{42}, h_{44} \sim j/m$. Сами эти коэф-

коэффициенты равны $h_{21} = -c_1/m_1$, $h_{22} = -j_1/m_1$, $h_{43} = -c_2/m_2$, $h_{44} = -j_2/m_2$, а значения остальных элементов матрицы H будут определяться рассмотренными далее конкретными условиями функционирования СМК, а именно влиянием деятельности предприятия на условия достижения поставленных целей.

Целесообразность использования одинаковой размерности коэффициентов h и l связана с тем, что после завершения переходных процессов или при рассмотрении задач статики качества ($dx_i/dt=0$, $i=1,4$) совпадали и размерности переменных x и u , а сами численные значения переменных будут определяться из решения следующей системы линейных уравнений:

$$h_{21}x_1 + h_{23}x_3 + l_{22}u_1 = 0, h_{41}x_1 + h_{43}x_3 + l_{44}u_2 = 0. \quad (3)$$

Теперь рассмотрим четыре варианта конкретных условий функционирования СМК, для которой параметры модели (2) представлены в таблице, а результаты моделирования отражены на рисунке.

I) Деятельность по достижению каждой из двух целей не взаимосвязана друг с другом, то есть работы выполняют разные подразделения, которые не используют общие ресурсы.

II) Деятельность по достижению каждой из двух целей взаимосвязана друг с другом только через частичное использование общего потенциала предприятия, без организационного сопротивления взаимному достижению этих целей, без поправки на величины управляющих воздействий по (3).

III) По варианту II с учетом поправки на величины управляющих воздействий по (3).

IV) Деятельность по достижению каждой из двух целей взаимосвязана друг с другом, как через частичное использование общего потенциала предприятия, так и с организационным сопротивлением взаимному достижению этих целей, с учетом (3).

Сформулируем краткие выводы по результатам моделирования для рассмотренного примера. Если

деятельность по достижению целей не взаимосвязана (вариант I), то обе они достижимы. При взаимосвязи целей друг с другом только через частичное использование общего потенциала предприятия и отсутствия организационного сопротивления их взаимному достижению (нагрузка на персонал увеличивается, но цели не противоречат друг другу), необходимо давать поправку на величину управляющего воздействия для достижения требуемых значений целевых показателей. Так, в варианте II цели не были достигнуты, наоборот произошло ухудшение показателей, а в варианте III цели достигнуты. В варианте IV достижение целевых показателей выполнено по номинальному значению, но имеются их колебания во времени в противофазе, что характерно для достижения противоречивых целей.

Направления дальнейших исследований связаны с раскрытием структуры введенного оператора, характеризующего системные свойства деятельности на уровне предприятия при управлении по целям в области качества, а также при декомпозиции этой деятельности до уровня основных процессов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-01-00015.

Список литературы

1. *Никифоров А.Д.* Управление качеством: Учебное пособие для вузов. М.: Дрофа, 2006. 719 с.
2. *Никитин С.П., Логинова А.М.* Реализация процессного и системного подходов на основе математического моделирования сети производственных процессов // Методы менеджмента качества. № 9. 2006. С.8-12.
3. *Пузанов В.Е., Ивахненко А.Г.* Исследование свойств математических моделей динамики качества машиностроительной продукции // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2-1. С. 128-131.
4. *Александров А.Г., Артемьев В.М., Афанасьев В.Н.* Справочник по теории автоматического управления. Под ред. А.А. Красовский. М.: Наука. 1987. 711 с.

*Ивахненко Александр Геннадьевич — д-р техн. наук, проф.,
Аникеева Олеся Владимировна — канд. техн. наук, доцент,*

Сторублев Максим Леонидович — канд. техн. наук, доцент кафедры стандартизации, метрологии, управления качеством, технологии и дизайна ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет».

E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru, anikeeva@yandex.ru, max100rublev@yandex.ru

КБ "АГАВА" выводит на российский рынок новый тип ПЛК

Конструкторское бюро «АГАВА» (Россия) продолжает расширять линейку ПЛК. В 2017 г. компания разработала и вывела на рынок контроллер «АГАВА ПЛК-40», предназначенный в основном для локальной автоматизации. А в 2019 г. компания представила новый контроллер «АГАВА ПЛК-50». С его помощью разработчик намерен, прежде всего, удовлетворить растущий спрос на оборудование для автоматизации сложных, разветвленных систем управления, с хорошим соотношением цены и качества.

АГАВА ПЛК-50 не имеет аналоговых и дискретных входов/выходов, что гарантирует высокую устойчивость к помехам. При этом он оснащен цветным сенсорным экраном с диагональю в 10 или 15 дюймов, отображающим любую информацию, необходимую оператору. Аппаратная составляющая осталась прежней — это 32-битный процессор с тактовой

частотой 1000 МГц, который позволяет добиться быстрой и отзывчивой визуализации данных без «тормозов» и лагов.

АГАВА ПЛК-50 имеет значительно увеличенное число встроенных интерфейсов связи и может принимать цифровые сигналы от множества элементов системы, в том числе разбросанных по различным производственным объектам и находящимся на значительном расстоянии от самого контроллера и от рабочего места оператора. Корпус прибора вдвое тоньше, чем у других моделей, разъемы для подключения смонтированы не на задней стенке, а на нижней. Все это может оказаться принципиально важным там, где есть ограничения по глубине приборных щитов. Среди разъемов есть и полноценный выход на активную акустическую систему: можно настроить звуковое или даже речевое оповещение о событиях, требующих срочного внимания оператора.

<http://www.kb-agava.ru>