

УДК 681.51

Мягкие измерения и вычисления при эволюционном управлении непрерывным многостадийным производством¹

Палюх Б.В.,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ИС, Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия, pboris@tstu.tver.ru

Ветров А.Н.,

кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры ИС, Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия, vetrov_48@mail.ru

Егерева И.А.,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры ИС, Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия, irina.egereva@gmail.com

Аннотация. Рассматривается механизм эффективного управления эволюцией многостадийного производства, основанный на применении мягких измерений и вычислений. Для снижения чувствительности к шумовым помехам и запаздываниям по динамическим каналам между входом и выходом непрерывного многостадийного производства предлагается система диагностики, основанная на анализе интервалов изменения значений диагностических переменных за заданный интервал времени. Система принятия решений базируется на методах теории Демпстера-Шафера. Модель архитектуры управления процессом описывается как многоагентная система, в которой агенты взаимодействуют между собой и с центром. Обосновываются методы и средства управления эволюцией многостадийных непрерывных процессов для повышения эффективности и долгосрочной устойчивости в течение всего жизненного цикла путем внедрения инновационных решений.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-07-00199)

Soft Measurement and Calculations in Evolutionary Control of Continuous Multistage

Palyukh B.V.,

head of the IS Department, doctor of technical Sciences, Professor Tver state technical University, Tver, Russia pboris@tstu.tver.ru

Vetrov A.N.,

Professor of the Department of IS, candidate of technical Sciences, associate Professor Tver state technical University, Tver, Russia vetrov_48@mail.ru

Egereva I.A.,

associate Professor of IS Department, candidate of technical Sciences, associate Professor Tver state technical University, Tver, Russia irina.egereva@gmail.com

Abstract. A mechanism for efficient management of the evolution of multi-stage production based on the use of soft measurements and calculations is considered. To reduce the sensitivity to noise interference and delays along dynamic channels between the input and output of continuous multistage production, a diagnostic system based on the analysis of the intervals of change in the values of diagnostic variables for a given time interval is proposed. The decision making system is based on the methods of the Dempster-Schafer theory. The process control architecture model is described as a multi-agent system in which agents interact with each other and with the center. Methods and tools for managing the evolution of multi-stage continuous processes are substantiated to improve efficiency and long-term sustainability throughout the entire life cycle by introducing innovative solutions.

Ключевые слова: эволюционное управление, непрерывное многостадийное производство, мягкие измерения и вычисления, интервальный анализ, многоагентная система, теория Демпстера-Шафера, инновационные решения.

Keywords: evolutionary control, continuous multistage production, soft measurements and calculations, interval analysis, multi-agent system, Dempster-Schafer theory, innovative solutions.

DOI: 10.31432/1994-2443-2020-15-3-71-75

Цитирование публикации: Палюх Б.В., Ветров А.Н., Егерёва И.А. Мягкие измерения и вычисления при эволюционном управлении непрерывным многостадийным производством // Информация и инновации. 2020, Т. 15, № 3. с. 71–75. DOI: 10.31432/1994-2443-2020-15-3-71-75

Citation: Palyukh B. V., Vetrov A. N., Egereva I. A. Soft measurement and calculations in evolutionary control of continuous multistage // Information and Innovations 2020, T. 15, № 3. p. 71–75. DOI: 10.31432/1994-2443-2020-15-3-71-75

Эволюция непрерывного многостадийного производственного процесса рассматривается как элемент её самоорганизации, определяемый структурными изменениями в процессе функционирования отдельных стадий технологического процесса и снижением показателей инновационности и конкурентоспособности выпускаемых продуктов. Критическое состояние производства, при котором необходимы его структурные изменения, определяет точку бифуркации, т.е. момент принятия решений по поиску и внедрению инноваций для повышения эффективности его функционирования. Предлагается определять критическое состояние производственной системы на основе непрерывного контроля диагностических переменных. Это дает возможность адекватно определять локацию структурных изменений системы при отсутствии полной информации о корреляционных связях между отдельными процессами, протекающими в производственной системе и управлять эволюцией непрерывных многостадийных процессов в условиях неопределенности.

Состояние отдельных стадий непрерывного производства определяется методами параметрической диагностики, которые предполагают непосредственное измерение большого количества диагностических параметров и вычисление не измеряемых по косвенным показателям. Из-за шумовых помех и запаздываниям сигнала по динамическим каналам следует применять интервальный анализ [1].

Вероятность ошибочных решений можно уменьшить, если применить интервальный

анализ. Пусть имеется интервал значений диагностического параметра

$$X = [x; \bar{x}] = \{x | x \leq x \leq \bar{x}; x; \bar{x} \in R\},$$

где R — множество вещественных чисел.

Если анализировать не мгновенные значения диагностического параметра, а интервалы его изменения за заданный интервал времени

$$T = [t; \bar{t}] = \{t | t \leq t \leq \bar{t}; t; \bar{t} \in R\},$$

то вероятности ложной тревоги и пропуска дефекта уменьшаются.

Теорема 1. Вероятность ложной тревоги системы диагностики непрерывного производства, построенной по принципу анализа мгновенного значения диагностического параметра, больше вероятности ложной тревоги системы диагностики, построенной по принципу анализа интервала значений диагностического параметра.

Теорема 2. Вероятность пропуска дефекта системы диагностики непрерывного производства, построенной по принципу анализа мгновенного значения диагностического параметра, больше вероятности пропуска дефекта системы диагностики, построенной по принципу анализа интервала значений диагностического параметра.

Обоснование теорем приведено в [1].

Вторую трудность, связанную с запаздыванием динамического канала между входом и выходом, можно преодолеть, если выбрать интервал времени T таким образом; чтобы

$t = t_0$ и $\bar{t} = t_0 + \tau$, где t_0 — время начала фиксирования величины изменения диагностических параметров, τ — время запаздывания динамического канала между входом и выходом объекта. За выбранный интервал времени измеряются интервалы наблюдаемых технологических переменных $Z = [z; \bar{z}]$. Необходимо найти гарантированную оценку вычисляемых диагностических показателей в виде интервалов $X = [x; \bar{x}]$. Математическая модель объ-

$$\frac{dX_{28}}{td} = 13500 \left(\frac{Z_3 + Z_4}{172800} \right)^{0.56} (2.266X_5)^{0.59} \times (1 - X_{28}) \exp \left[-793 \left(\frac{1}{273 + Z_5} - \frac{1}{1123} \right) \right],$$

$$X_{28}(0) = 0,$$

$X_5 = [0.655; 0.678]$ — давление в контактном аппарате, МПа.

$Z_3 = [5200; 5300]$ — расход газообразного аммиака для аммиачно-воздушной смеси (АВС), м³/ч;

$Z_4 = [48000; 49000]$ — расход воздуха для АВС, м³/ч;

екта диагностики обычно задается в виде системы алгебраических или дифференциальных уравнений. В нашем случае уравнения будут с интервальными переменными и коэффициентами.

В качестве примера построения параметрических моделей в виде интервальных обыкновенных дифференциальных уравнений возьмем модель каталитического окисления аммиака в контактном аппарате производства слабой азотной кислоты:

$Z_5 = [898; 902]$ — температура нитрозного газа под сетками контактного аппарата, К.

X_{28} — общая степень превращения аммиака.

Решая это уравнение, получим зависимость общей степени превращения аммиака от времени t . Уравнение решается двусторонними численными методами. Решение уравнения по исходным данным, взятым из приведенного выше примера, иллюстрируется на рис. 1.

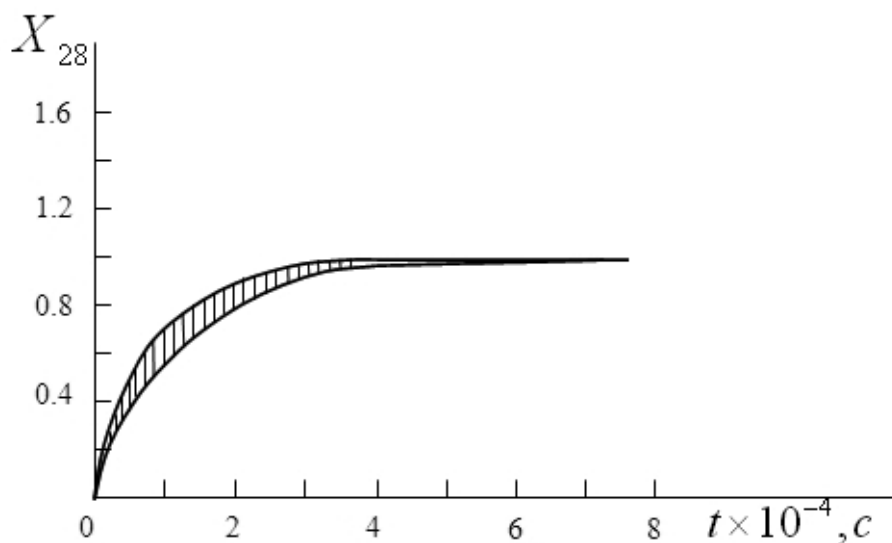


Рис. 1 Гарантированная оценка общей степени превращения аммиака от времени t .

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о необходимости построения систем управления эволюцией многостадийных непрерывных производств не на традиционных принципах анализа мгновенных значений диагностических параметров, а на

анализе интервалов изменения этих параметров за определенный интервал времени [2]. Поэтому задачи управления эволюцией непрерывных производств наиболее целесообразно решать с помощью мягких измерений и вычислений [3].

Задача эволюционного управления описывается как многоагентная активная система [4]. Пусть химико-технологическая система состоит из центра Z и n групп агентов $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, каждый агент $a = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ обладает свойствами активности и автономности. Каждый агент a_k группы агентов A_n (каждая группа агентов состоит из k агентов) управляет каким-либо технологическим узлом одной из стадий многостадийного производства. Возможности k -го агента по выпуску продукции описываются технологическим множеством – областью X_k в пространстве размерности n_k измерений. При этом любой допустимый план X_k k -го агента должен принадлежать области X_k .

План всей активной системы будет описываться вектором, имеющим размерность $N = \sum_{k=1}^n n_k$. Допустимый план x должен удовлетворять не только локальным ограничениям, но так же ряду ограничений вида $G(x) \geq b$, где $G(x) = \{g_i(x), i = \overline{1, L}\}, b = \{b_j, j = \overline{1, L}\}$.

Суть ограничений состоит в том, что за их выполнение отвечает и следит только центр, управляющий всей системой, а не отдельный агент. Общие ограничения отражают задания по выпуску продукции, наличие ресурсов, потребляемых производством из внешней среды, связи по материальным потокам между технологическими стадиями и т.п.

Будем считать, что функции $g_i(x), i = \overline{1, L}$ – вогнутые, дифференцируемые, а множество X – выпуклое множество. Тогда задача, решаемая центром Z , может рассматриваться как двойственная задача выпуклого программирования

$$\begin{aligned} \Phi(x) &\rightarrow \max, \\ G(x) &\geq b, \end{aligned}$$

где $\Phi(x)$ — показатель эффективности производства.

Практическая невозможность для центра Z получить точное представление о технологических возможностях агентов предполагает необходимость разработки специальных процедур обмена информацией между центром и агентами. Это позволяет сформировать со-

гласованный план без необходимости решения задачи математического программирования в полном объеме с учетом всех глобальных и локальных ограничений, отражающих интересы агентов.

При принятии решений используется как формализованная, так и неформализованная информация, поэтому важнейшим вопросом является объединение различного вида информации в пользу той или иной гипотезы. В соответствии с представленными выше принципами эволюционного управления неопределенность в задачах принятия решений учитывается путем использования теории свидетельств (теория Демпстера-Шафера) [5] и аппарата интервальной математики. В этом случае вероятность утверждения A определяется как интервал $[S(A), P(A)]$, где $S(A)$ изменяется в пределах $[0;1]$ — вероятность очевидности утверждения A (достаточность). Величина $P(A)$ представляет собой вероятность правдоподобия утверждения A (необходимость) и вычисляется как $P(A) = 1 - S(\overline{A})$. Разница $u(A) = P(A) - S(A)$ представляет собой неопределенность диагноза. Здесь \overline{A} — есть отрицание A . Таким образом, доказательство подтверждения гипотезы не отрицает ее отрицания, как это происходит при байесовом подходе, что больше соответствует структуре человеческого мышления. Байесов подход возникает как частный случай при равенстве $S(A) = P(A)$.

Оказывается, что, несмотря на неизвестность конкретных мер вероятности, закрепленных за отдельными объектами с заданными свойствами, можно сделать некоторые выводы, исходя только из известного распределения мер вероятности. Поэтому принятие решений для поставленной задачи наиболее целесообразно осуществлять на основе теории Демпстера-Шафера [5].

При выявленном неэффективном функционировании конкретной стадии многостадийного производства необходимо осуществить тематический поиск инноваций для устранения причины кризисного состояния [6]. Проведенные исследования показали целесообразность применения подхода к генерации поисковых запросов, основанного на генетическом алго-

ритме. Этот подход использован для уточнения семантического ядра искомого множества документов и генерации множества эффективных запросов. Постановка задачи предусматривает организацию эволюционного процесса, формирующего устойчивую и эффективную популяцию поисковых запросов, образующую соответствующий поисковый образ документа. Целевое множество результатов поиска должно формироваться такими адресами документов, которые (а) находятся в первых позициях ранжированного списка, построенного поисковой системой; (б) присутствуют в списках результатов, полученных при выполнении большинства запросов; (в) семантически близки к эталонным текстам, формируемым в ходе эволюции запросов; (г) соответствуют условиям среды, задаваемыми поисковому агенту параметрами пользователя.

Предлагаемые принципы эволюционного управления непрерывным многостадийным производством позволяют оперативно определять кризисные состояния (точки бифуркации) конкретной стадии производства, прогнозировать их развитие на заданном интервале времени, своевременно принимать решение по внедрению инновационных технологий, современного оборудования и организации гибкой системы управления многостадийным технологическим процессом.

Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кафаров В.В., Палюх Б.В., Перов В.Л. Решение задачи технической диагностики непрерывного производства с помощью интервального анализа // Докл. АН СССР. — 1990. — Т. 311.-№ 3. — С. 677-680.
2. Палюх Б.В., Виноградов Г.П., Егерева И.А. Управление эволюцией химико-технологической системы // Теоретические основы химической технологии / Наука. — 2014. — Т. 48. — № 3. — С. 349-355.
3. Палюх Б.В. Принципы управления эксплуатационной надежностью непрерывного производства на основе мягких измерений и вычислений // Мягкие измерения и вычисления. — 2018. — № 8(9). — С. 6-16.
4. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 3-е изд. М.: Издательство физико-математической литературы, 2012.
5. Ronald R. Yager, Liping Liu, "Classic Works of the Dempster-Shafer Theory of Belief Functions. Springer, 2008.
6. Ivanov V.K., Palyukh B.V., Sotnikov A.N. Approaches to the Intelligent Subject Search // Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS'2014) (September 7–10, 2014. Warsaw, Poland). Annals of Computer Science and Information Systems. Volume 3. Position Papers, DOI 10.15439/978-83-60810-57-6. — Warszawa, 2014. — P. 13-20.

REFERENCES

1. Kafarov V.V., Palyuh B.V., Perov V.L. Reshenie zadachi tekhnicheskoy diagnostiki nepreryvnogo proizvodstva s pomoshch'yu interval'nogo analiza // Dokl. AN SSSR. — 1990. — T. 311.-№ 3. — S. 677-680.
2. Palyuh B.V., Vinogradov G.P., Egereva I.A. Upravlenie evolyuciej hmiko-tekhnologicheskoy sistemy // Teoreticheskie osnovy himicheskoy tekhnologii / Nauka. — 2014. — T. 48. — № 3. — S. 349-355.
3. Palyuh B.V. Principy upravleniya ekspluatacionnoj nadezhnost'yu nepreryvnogo proizvodstva na osnove myagkih izmerenij i vychislenij // Myagkie izmereniya i vychisleniya. — 2018. — № 8(9). — S. 6-16.
4. Novikov D.A. Teoriya upravleniya organizacionnymi sistemami. 3-e izd. M.: Izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 2012.
5. Ronald R. Yager, Liping Liu, "Classic Works of the Dempster-Shafer Theory of Belief Functions. Springer, 2008.
6. Ivanov V.K., Palyukh B.V., Sotnikov A.N. Approaches to the Intelligent Subject Search // Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS'2014) (September 7–10, 2014. Warsaw, Poland). Annals of Computer Science and Information Systems. Volume 3. Position Papers, DOI 10.15439/978-83-60810-57-6. — Warszawa, 2014. — P. 13-20.