

УДК 62.52

АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КАРБОНИЗАЦИИ

Бахриева Х.А., Арисланова М.А.

В данной работе проведен системный анализ существующей системы аналитического контроля технологических параметров производства кальцинированной соды. Рассматривается адаптивный объект управления, который оперативно меняет свои параметры в зависимости от реального состояния контролируемого технологического процесса. Предложена методика определения частоты съема технологических параметров, основанная на методе математической статистики и базирующийся на анализе экспериментальных данных процесса карбонизации.

Описаны экспериментальные исследования характеристик фактической изменчивости параметров аналитического контроля в их нормальном и аварийных состояниях для трех характерных состояний режима всего технологического процесса карбонизации.

Ключевые слова: аналитический контроль, частота съема данных, математическое ожидание, интенсивность, спектр частот, алгоритм, адаптация, вероятность, карбонизация, кальцинированная сода.

Мавжуд тизимнинг кальцийлаштирилган сода ишлаб чиқаришдаги технологик параметрлари аналитик назорати тизимли тахлили келтирилган. Бу назорат қилинадиган жараённинг ҳақиқий ҳолатига қараб ўз параметрларини зудлик билан ўзгартирадиган динамик назорат объекти сифатида ўрганилди.

Математик статистика усулларига асосланган ва муайян жараённинг экспериментал маълумотларини таҳлил қилиш асосида технологик параметрлари маълумотларини олиб ташлаш частотасини белгилаш усули таклиф қилинди.

Оддий ва фавқулодда ҳолатларда аналитик назорат параметрларининг ҳақиқий ўзгарувчанлик хусусиятларини экспериментал тадқиқотлар ишлаб чиқаришдаги технологик жараённинг урта характери ҳолати учун таърифланади ва мақсадга мувофиқ амалга оширилади.

Таянч иборалар: аналитик назорат, маълумотларини олиб ташлаш частотаси, математик кутиш, интенсивлик, частота спектри, алгоритм, мослаштириш, эҳтимоллик, карбонизация, кальцийлаштирилган сода.

In this work was given the system analysis of the existing system analytical control of technological parameters of production. It was investigated as an adaptive control object, which promptly changes its parameters depending on the actual state of the controlled process. A method proposed for determining the frequency of removal of technological parameters, based on the methods of mathematical statistics and on the analysis of experimental data of a specific process.

Experimental studies of the characteristics of the actual variability of the parameters of analytical control in their normal and emergency states are described and expediently carried out for three characteristic states of the mode of the entire technological process in production.

For experimental studies, the collection and analysis of basic data on the statics and dynamics of changes in the monitored parameters was carried out formalization (description) of possible changes in the values of these parameters by the corresponding separation of their states and the transposition of the examined monitored parameters of analytical control according to the magnitude of their net effect on process control.

Our analysis of the analytical production control system as an object of management, determining the requirement for experimental studies of the variability of analytical control parameters in the development of an adaptive control algorithm for the analytical control system and the image of a prerequisite for creating an adaptive analytical control system for the production process.

The nature of the process and the effectiveness of decisions made by the managing staff largely depend on the nature of the functioning of this system. In this regard, the use of the considered algorithm of adaptive control of the analytical control system is essential for improving the economics of production and increasing the level of technological discipline.

Key words: control, synthesis, model, dynamic object, component, algorithm, multidimensionality, system, identifier, semantic memory, modeling, program, semantic set.

I. ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей повышения эффективности производства является получение достоверных, точных и оперативных данных для целей управления. В связи с этим важную роль играет аналитический контроль технологических процессов в производствах, охватывающий весь их жизненный цикл, т.е. от исходного сырья до конечной продукции.

С другой стороны, технологические процессы, протекающие на различных стадиях производства, имеют как быстротечный так и

относительно медленный характер.

Кроме того, информация о технологических параметрах может быть как избыточной, так и недостаточной. Эти факторы сказываются на качестве процесса управления, и это, в конечном счете, влияет на качество выпускаемой продукции и экономические показатели производства. Эти и другие факторы обуславливают создание эффективной системы контроля, учитывающей особенности текущего состояния технологического процесса. В связи с этим возникает необходимость поиска решений, позволяющих обеспечить снижение затрат на аналитический контроль технологических параметров процесса карбонизации при сохранении необходимой надежности, достоверности и точности получаемой информации. Для этого в работе предлагается определить частоту съема данных о состоянии технологического процесса на основе наиболее эффективных экспериментальных исследований изменчивости реального технологического процесса, в результате которого можно разработать адаптивный алгоритм управления этой системой.

Известно, что изменения параметров, состава и свойств технологических потоков, которые необходимо контролировать, в реальном случае имеет вероятностный характер. Существующие методы отражения характеристик объектов, находящихся под воздействием помех, требуют не только информации об их статических и динамических свойствах, но и полной информации об их статистических характеристиках. Следовательно, в нашем случае, необходимо создать систему управления контролем, обеспечивающую высокое качество процессов управления в условиях неполноты информации о статистических характеристиках сигналов и помех.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для решения данной проблемы будем исследовать систему аналитического контроля производства как объект управления. Следует учесть тот факт, что качество контроля материальных потоков технологического процесса зависит от режимов работы технологических оборудования. При этом для всех контролируемых параметров характерны следующие состояния: нормальное и аварийное состояние. Аварийное состояние имеет две разновидности:

- «уход» из нормального состояния;
- «возвращение» из аварийной в зону нормального состояния.

Характер изменений контролируемого параметра технологического параметра представлен на рисунке 1.

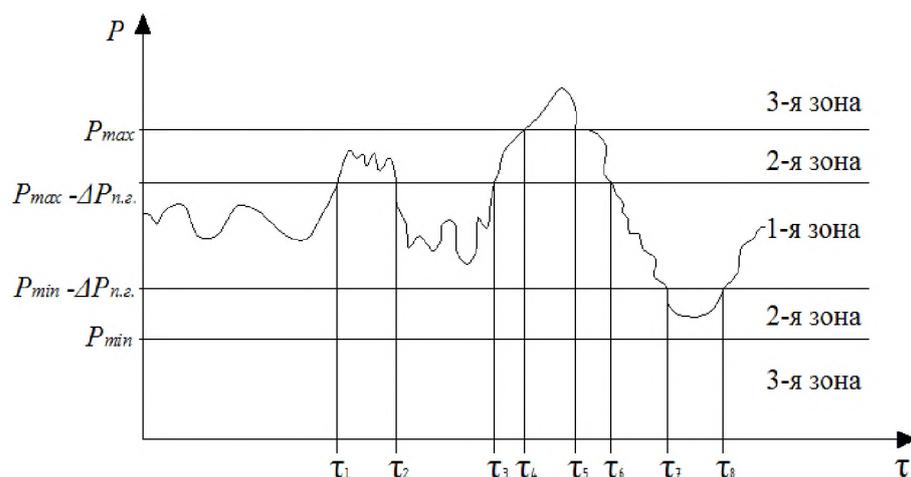


Рис. 1. Характер изменений контролируемого параметра технологического процесса

Отмеченные состояния контролируемых параметров характеризуются следующими признаками: нормальное состояние (наблюдается в интервалах времени $(\tau < \tau_1, \tau_2 < \tau < \tau_3, \tau_6 < \tau < \tau_5, \tau > \tau_8)$) значения параметра находятся в центральной части зоны его регламентированных (допустимых) изменений (1-я зона):

$$P_{min} + \Delta P_{n.z.} \leq P \leq P_{max} - \Delta P_{n.z.} \quad (1),$$

где P - текущее значение контролируемого параметра;

$P_{max} - \Delta P_{n.z.} = P_{в.н.з.}$ и $P_{min} + \Delta P_{n.z.} = P_{н.н.з.}$ - значения верхней и нижней предупреждающих границ [2] регулирования (представляющие собой сниженные и принятое значение $\Delta P_{n.z.}$ запаса регулирования верхний и нижний пределы допускаемы значений параметра);

2) аварийное состояние "ухода" значений параметра (наблюдается в интервалах времени $\tau_1 < \tau < \tau_2, \tau_3 < \tau < \tau_4$ и $\tau_5 < \tau < \tau_6, \tau_7 < \tau < \tau_8$), значения параметра находятся внутри зоны регламентированных пределов его допускаемых изменений, но вблизи одной из ее границ (2-я зона):

$$P_{min} < P < P_{min} + \Delta P_{n.z.} \text{ или } P_{max} - \Delta P_{n.z.} < P < P_{max}, \quad (2)$$

3) аварийное состояние "возвращения" значений показателя (на рисунке наблюдается в интервале времени $\tau_4 < \tau < \tau_5$), значения параметра находятся вне зоны регламентированных пределов его допускаемых изменений (3-я зона):

$$P > P_{max} \text{ или } P < P_{min} \quad (3)$$

Определение оптимальной частоты контроля для каждого из рассмотренных выше состояний возможно на основе полученной

информации о характеристиках изменчивости контролируемых параметров технологического процесса в форме, позволяющей выработать аргументированный подход к определению обоснованного времени их последующего контроля. Для получения такой информации необходимо проведение нескольких серий целенаправленного экспериментального исследования характеристик реальной изменчивости технологического процесса и его параметров.

Определение необходимой частоты контроля (интервал контроля $\Delta\tau$) технологических параметров состоит из следующих этапов:

Проводят несколько серий (экспериментов) обследования действующего производства при рассмотренных выше характерных режимах его работы, в ходе которого следует по каждому параметру через равные промежутки времени определить значение параметра X :

$$X_{iz}^T = X_{iz} \quad (4)$$

где i - номер точки в данном эксперименте ($i = 1, 2, \dots, k$);

z - номер эксперимента ($z = 1, 2, \dots, m$);

X_{iz}^T - текущее значение параметра в i -ой точке z -го эксперимента.

По результатам каждого из z экспериментов необходимо определить оценку математического ожидания на z -й реализации случайного процесса:

$$\hat{M}(X_z) = \frac{\sum_{i=1}^k X_{iz}}{K}, \quad (5)$$

где K - общее количество точек, полученных в данном эксперименте.

Для каждого из z экспериментов следует построить соответствующие графики изменения параметров (рис.2), нанося на них также линии, соответствующие:

- оценке математического ожидания $\hat{M}(X_z)$;

- границам зоны регламентированных значений параметра X_{max}^{pez} и X_{min}^{pez}

они соответствуют какому-либо из $J^{(+)}$ и $J^{(-)}$ уровней соответственно);

- фактических границ зон повышенного риска контроля параметров в данном эксперименте $X_{z,max}$ и $X_{z,min}$.

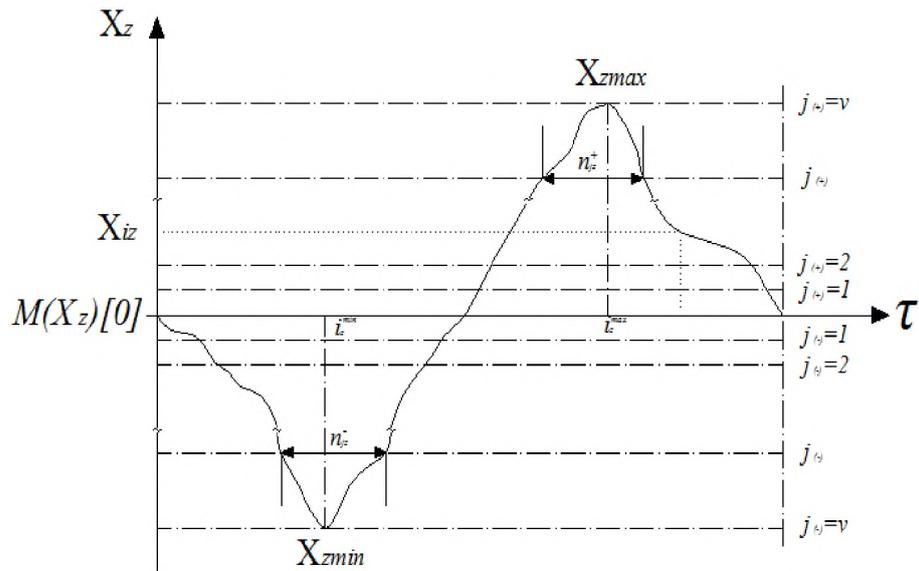


Рис. 2. Пример экспериментального исследования характеристик изменчивости контролируемого параметра

В каждом из экспериментов необходимо определить величины уровней варьирования интенсивности контроля параметра:

$$\Delta X_z^{\text{var}+} = \frac{\Delta X_{z,\text{max}}}{\nu} \quad \text{при} \quad \Delta X_{z,\text{max}} = X_{z,\text{max}} - \hat{M}(X_z) > 0 \quad (6)$$

$$\Delta X_z^{\text{var}-} = \frac{\Delta X_{z,\text{min}}}{\nu} \quad \text{при} \quad \Delta X_{z,\text{min}} = X_{z,\text{min}} - \hat{M}(X_z) < 0, \quad (7)$$

где $\Delta X_z^{\text{var}+}$, $\Delta X_z^{\text{var}-}$ - шаги варьирования уровней интенсивности контроля соответственно для случаев, когда текущее значение параметра больше или меньше $\hat{M}(X_z)$ - математического ожидания переменной в данном эксперименте;

ν - количество выбранных уровней варьирования интенсивности контроля параметра (выбирается в зависимости от требований, предъявляемых к точности обработки экспериментальных данных).

3. Далее рассчитывают величину уровней интенсивности контроля параметра рассчитывается по уравнениям:

$$X_{jz}^+ = \Delta X_z^{\text{var}+} \cdot j_{(+)} \quad (8)$$

$$X_{jz}^- = \Delta X_z^{\text{var}-} \cdot j_{(-)}, \quad (9)$$

где j - номер уровня интенсивности контроля параметра ($j = 0, 1, 2, \dots, \nu$).

Для каждого из уровней интенсивности контроля параметра определяются относительные коэффициенты интенсивности контроля. Для

этого текущие значения X_{iz}^T в каждом эксперименте сравниваются с соответствующими значениями X_{jz}^+ и X_{jz}^- , и подсчитывается число точек в эксперименте n_{jz}^+ и n_{jz}^- по неравенствам:

$$n_{jz}^+ \text{ при } X_{iz}^T \geq X_{jz}^+ \quad (10)$$

$$n_{jz}^- \text{ при } X_{iz}^T \leq X_{jz}^- \quad (11)$$

Относительные коэффициенты интенсивности контроля параметра определяют из уравнений:

$$A_{jz}^+ = \frac{n_{jz}^+}{K} \quad (12)$$

$$A_{jz}^- = \frac{n_{jz}^-}{K}$$

где A_{jz}^+ - относительный коэффициент интенсивности контроля параметра при $\Delta X_{iz}^T \geq \hat{M}(X_z)$,

A_{jz}^- - относительный коэффициент интенсивности контроля параметра при $\Delta X_{iz}^T \leq \hat{M}(X_z)$.

Для каждого из z экспериментов данные, полученные в виде:

$$A_{jz}^+ = \varphi'(X_{jz}^+);$$

$$A_{jz}^- = F'(X_{jz}^-),$$

представляют двумя обобщенными вариационными рядами вида

$$A^+ = \varphi(X_{jz}^+) \quad (13)$$

$$A^- = F(X_{jz}^-) \quad (14)$$

Значения аргументов вариационных рядов (13) и (14) разбиваются на равные интервалы, величины которых принимаются равными максимальным значениям шагов варьирования относительных коэффициентов интенсивности контроля $\Delta X_z^{\text{var}+}$ и $\Delta X_z^{\text{var}-}$. Для определения значения функций A^+ и A^- на каждом интервале следует руководствоваться рекомендациями «теории пессимизма» [3]. Согласно этой теории, при оценке случая стохастической неопределенности условий, когда распределение вероятностей для параметров либо не существует, либо не может быть получено, необходимо всегда ориентироваться на наихудшие условия. Поэтому из нескольких значений функций, оказывавшихся внутри интервала, выбирается значение, соответствующее наименьшему относительному коэффициенту интенсивности контроля, и принимается за величину функции в данном интервале. После выполнения этих расчетов во всех интервалах

строят две кривые [4], характеризующие величину относительного коэффициента интенсивности контроля в зависимости от величины отклонения параметра от его математического ожидания вида;

$$A_{\min}^+ = \alpha(X^+) \quad (15)$$

$$A_{\min}^- = \alpha(X^-) \quad (16)$$

4. Исходя из практического опыта принимаем временной интервал между измерениями:

- при значениях параметра, находящихся в зоне его математического ожидания (1-я зона на рис.1), $\Delta\tau = \Delta\tau_{M(X)}$;

- при значениях параметра, близких к граничным значениям регламентированной зоны (2-я зона на рис.1) $\Delta\tau = \Delta\tau_{\min}^{pez}$ и $\Delta\tau = \Delta\tau_{\max}^{pez}$;

- при значениях параметра, равных граничным в зонах повышенного риска (2-я зона, рис.1), временной интервал между измерениями может быть определен, например, на основании теоремы Котельникова [5] согласно которой:

$$\Delta\tau \leq \frac{\pi}{\omega_c}, \quad (17)$$

где $\Delta\tau$ - время между измерениями;

ω_c - максимальная частота спектра исследуемой переменной.

$$\Delta\tau_{\max} = \Delta\tau = \frac{\pi}{\omega_c}$$

Поэтому, в нашем случае

Основываясь на полученных выше зависимостях, мы можем построить искомые результирующие зависимости временных интервалов между измерениями от величины отклонения измеренного параметра от его математического ожидания в виде:

при X^+

$$\Delta\tau^+ = \Delta\tau_{\max}^{M[X]^+} - A_{\min}^+ B^+ \{X^+ - M[X]\} \quad (18)$$

при X^-

$$\Delta\tau^- = \Delta\tau_{\max}^{M[X]^-} - A_{\min}^- B^- \{X^- - M[X]\} \quad (19)$$

Очевидно, что описанные выше экспериментальные исследования характеристик фактической изменчивости параметров аналитического контроля в их нормальном и аварийных состояниях целесообразно провести для следующих трех характерных состояний режима всего технологического процесса в производстве соды в целом:

когда параметры технологического процесса достаточно длительное время находится в нормальном режиме;

когда показатели (или хотя бы один показатель) качества получаемого продукта находятся в пределах норм, но в непосредственной близости от их

регламентированной браковочной границы (область риска выпуска некачественной продукции);

когда показатели (или хотя бы один показатель) качества получаемого продукта находятся за пределами браковочной границы (область брака).

Для проведения экспериментальных исследований необходимо выполнение следующих этапов работы:

- сбор и анализ исходных данных о статике и динамике изменений контролируемых параметров;

- формализация (описание) возможных изменений значений этих параметров соответствующим разделением их состояний (на квазистационарное и переходное, в областях выпуска качественной продукции, риска и брака);

- ранжирование обследованных контролируемых параметров аналитического контроля по величине их результирующего влияния на управление технологическим процессом (исходя как из их частотных (автокорреляционных) характеристик, так и из стоимостных последствий).

III. ВЫВОДЫ

1. Использование предложенного алгоритма адаптивного управления системой аналитического контроля, позволяющего оперативно определять моменты возникновения нарушений и количественно оценивать изменения параметров техпроцесса, имеет существенное значение для улучшения экономики производства и повышения уровня технологической дисциплины.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Н.Р. Юсупбеков, Ш.М. Гулямов, У.Т. Мухамедханов, Ш.А. Раджабов Интеллектуализация технологий контроля и управления технологическими процессами и производствами.–Ташкент,2011.-84 стр.(Препринт)

[2] Кухтенков К.М., Молчанов В.И. Оценка эффективности использования запаса материалов между технологическими отделениями содового производства.// Украина,1998, №3, с.62-66.

[3] Ицкович Э.Л. Определение необходимой частоты измерений //Автоматика телемеханика, 1961. № 2, с. 35-46.

[4] А.Г.Ивков Рациональная тактика обеспечения допускаемого значения случайной погрешности получаемого результата анализа представительной пробы.// Химическая промышленность,1987,№5,с.44 – 46.

[5] Сиддиков И.Х., Жукова Ю.А., Ядгарова Д.Б. Адаптивный алгоритм управления динамическими процессами на базе нейро-нечеткой технологии

//Проблемы вычислительной и прикладной математики, 2017, стр. 80-83.

[6] Сиддиков И.Х., Ядгарова Д.Б., Бахриева Х.А. Синтез моделирующих алгоритмов управления многоуровневых динамических объектов.//Вестник ТУИТ, № 1(45)/2018, с.89-95.