

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ

Г.Б. Махмудов, А.Х.Саидова, Г.Р. Сидикова

Навоийский государственный горно-технологический университет

В настоящее время развитие бактериальной окислений сопровождается созданием процессов различного назначения, протекающих в условиях параметрических неопределенности информации. Анализ протекающих метаболических процессов позволяет отнести процесс бактериальной окисления (БО).

Системный подход применяется при изучении БО, в частности, ее отдельных реакторов, например, биореактор, являющихся с позиции системного анализа сложными системами [1,2]. Целевой функцией клетки является максимизация удельной скорости роста микробной популяции [3]:

$$\frac{dx}{x \cdot dt} \rightarrow \max_{\vec{U}}, \quad (1.1)$$

где  $x$  – концентрация биомассы;  $t$  – время;  $\vec{U}$  – вектор внутриклеточных управлений.

Важнейшей целью любого живого микроорганизма является поддержание постоянных условий при воздействии внешней среды. Прирост биомассы осуществляется по экспоненциальному закону и может быть представлен единственной лимитирующей реакцией. В этом случае рост биомассы сбалансирован и определяется выражением [4]:

$$\frac{dx}{x \cdot dt} = a^T \vec{y} \quad (1.2)$$

Матрица  $a^T$  качественно определяет состав бактерии. Количественный состав внутриклеточных компонентов определяется вектором удельных

скоростей образования продуктов реакций  $\bar{y}$ . Тогда целевая функция клетки принимает вид [5]:

$$J = \max\left(\frac{dx}{x \cdot dt}\right) = a^T \max\{\bar{y}\} \quad (1.3)$$

Таким образом, в соответствии с системным подходом результат целенаправленной деятельности процессом БО может являться системообразующим фактором. Основой математической модели процесса БО является кинетическая модель, для построения которой, ввиду сложностей выявления закономерностей протекания бактериального процесса, используется экспериментально-аналитический метод. Наименее изученным в решении этой задачи является выбор критерия интерпретации для определения констант модели. При его выборе необходимо знать закон распределения погрешности измерения, который зачастую неизвестен. Выше изложенное создает трудности при разработке и использовании математических моделей процесса БО для целей управления [6,7,8]. К примеру, в модели (1.1) нелинейные составляющие находятся в правой части уравнения. В этом случае математические затруднения вызывает получение точных аналитических решений дифференциальных уравнений. Поэтому основная тенденция в современном математическом моделировании БО заключается в получении упрощенных аналитических решений и качественных характеристик описания поведения динамической БО.

Все сложные системы характеризуются наличием неопределенностей [9], пренебрежение которыми ведет к снижению качества функционирования систем управления, а в худшем случае, – и к потере их работоспособности. Поэтому для повышения эффективности функционирования современных процессах БО необходимо учитывать следующие основные неопределенности, характерные для процессов управления сложными биосистемами [10]:

1. Низкая точность получаемой с объектов управления информации, обусловленная высокой погрешностью технических средств измерения.

2. Невысокая точность математических моделей объектов из-за упрощения, неадекватным применением погрешности измерения при определении констант модели по экспериментальным данным.

3. Низкая точность переменных состояния процесса вследствие высокой степени колеблемости параметров субстрата на входе в аппарат. Кроме того, соотношение компонентов в клетках микроорганизмов также сильно варьируется.

Отмеченные особенности свидетельствуют о том, что для выполнения более высоких требований к качеству функционирования БО необходимы принципиально новые пути совершенствования процесса управления, учитывающие неопределенный, нечеткий характер БО и сложные взаимосвязи в процессе их функционирования.

На сегодняшний день одной из главных проблем при решении задач управления БО остается создание динамических моделей физико-химических процессов при отсутствии полной и точной информации о поведении БО, что приводит к априорной неопределенности и нечеткости моделей процессов, используемых для целей управления. При этом основными факторами проявления неопределенности в задачах управления БО являются следующие:

- сложность формализованного описания процесса БО для решения задач управления. Сегодня невозможно разработать математическую модель процесса БО, которая описывала бы все факторы, влияющие на процесс;
- не стационарность биотехнологического процесса;
- невысокая воспроизводимость процесса БО, обусловленная изменяющейся биологической активностью посевного материала, длительностью его хранения и другими неизученными факторами;
- априорная параметрическая неопределенность обстановки и условий функционирования процесса БО и системы управления.

Отмеченные особенности обуславливают использование при построении систем управления упрощенных моделей БО. Из-за перечисленных

особенностей, разработка совершенных систем управления процессами БО, основанных на периодическом и непрерывном процессах БО, является сложной комплексной задачей, решению которой отводится значительное место при разработке прикладного математического обеспечения АСУ ТП. Использование в реальных системах слишком сложных математических моделей лишает их гибкости и универсальности, затрудняет их применение, требует датчиков, для получения информации о процессе и быстродействующих вычислительных средств в контуре управления. Снижение качества управления при автоматизации процессов БО на основе традиционных систем управления из-за перечисленных трудностей объясняют существование риска принятия необоснованного решения при выборе и реализации задач управления. В связи с отмеченным при автоматизации биотехнологических производств приходится учитывать специфические свойства БО, что определяет дополнительные трудности, в первую очередь при выборе задач управления основными процессами этих производств – процессами БО.

Решение задач разработки методов управления выводом на заданный режим, управления потоками субстратов и отбором продуктов и методов стабилизации при наличии неопределенностей связано с серьезными затруднениями в виду необходимости одновременного учета целого ряда разнообразных факторов неопределенности, практически не позволяющих сформировать в замкнутой аналитической форме алгоритмы функционирования САУ БО с требуемыми показателями эффективности. В связи с этим внедрение интеллектуальных методов в теорию и практику автоматического управления сложными, нелинейными слабо-формализуемыми процессами БО является весьма целесообразным.

Анализ существующего состояния управления процессами стадии БО показывает, что вопросам синтеза САУ в условиях информационной неопределенности не уделялось достаточного внимания, тогда как в технических областях они давно получили решение, эффективное по

отношению к результатам, полученным на основе традиционных решений. Следовательно, применение методов и алгоритмов интеллектуализации решения задач при синтезе САУ сложными БО в условиях недостаточности информации продолжает оставаться первоочередной задачей, решение которой приведет к росту эффективности биотехнологических производств.

### Литературы

1. Жумаев О. А., Махмудов Г. Б., Мажидова Р. Б. ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ПРОДУКТОВ БАКТЕРИАЛЬНОГО ВСКРЫТИЯ //Journal of Advances in Engineering Technology. – 2022. – №. 1. – С. 5-9.
2. Abdujaliliovich J. O. et al. FUZZY LOGIC CONTROLLER IN THE MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF BACTERIAL OXIDATION //Web of Scientist: International Scientific Research Journal. – 2021. – Т. 2. – №. 06. – С. 191-197.
3. Юсупбеков Н. Р. и др. НОАНИҚ МАНТИҚ АСОСИДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛ БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ //Journal of Advances in Engineering Technology. – 2020. – №. 2. – С. 20-25.
4. Jumayev O. A., Akhmatov A. A., Makhmudov G. B. Process modeling of optimum mixing of cyanic solutions with use of intellectual systems of measurement on a basis to a fuzzy logic //Chemical Technology, Control and Management. – 2018. – Т. 2018. – №. 1. – С. 132-137.
5. Махмудов Г. Б., Саидова А. Х., Мохилова Н. Т. Моделирование нечеткой логики для управления процессом бактериального окисления концентратов в реакторах с мешалкой //Современные инновации, системы и технологии-Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2022. – Т. 2. – №. 2. – С. 0201-0214.

6. Махмудов Г. Б., Ибрагимова Ч. К. АДАПТИВНАЯ ФАЗЗИ-РЕГУЛЯТОР ДЛЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. – 2022.
7. Махмудов Г. Б., Мохилова Н. Т. РАЗРАБОТКА НЕЧЁТКОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА С НАСТРОЙКОЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ. – 2022.
8. Махмудов Г. Б., Саидова А. Х. ИССЛЕДОВАНИЕ ПИД-РЕГУЛЯТОР С НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКОЙ. – 2022.
9. Махмудов Г. Б., Саидова А. Х., Мохилова Н. Т. Моделирование нечеткой логики для управления процессом бактериального окисления концентратов в реакторах с мешалкой //Современные инновации, системы и технологии. – 2022. – Т. 2. – №. 2. – С. 0201-0214.
10. Махмудов, Г. Б., Саидова, А. Х., Мохилова, Н. Т., & Ибрагимова, Ч. К. (2022, April). ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИКА. In *E Conference Zone* (pp. 302-308).
11. Jumaev, O. A., G. V. Mahmudov, and R. V. Bozorova. "Organization Of The Optimum Development Of The Interface Of The Technological Process, Influence Of Errors And Noise On The Functioning Of Intellectual Control Systems." *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* 6.9 (2019).
12. Ботиров Т. В. и др. УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕПАДОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ //Journal of Advances in Engineering Technology. – 2022. – №. 2. – С. 18-21.
13. Эшмуродов З. О. и др. Модернизация систем управления электроприводов шахтных подъемных машин. – 2019.