



**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**



**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**



**«АГРОСАНОАТ МАЖМУАСИ УЧУН ФАН, ТАЪЛИМ ВА  
ИННОВАЦИЯ, МУАММОЛАР ВА ИСТИҚБОЛЛАР»  
МАВЗУСИДАГИ ХАЛҚАРО ИЛМИЙ-АМАЛИЙ АНЖУМАН**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ «НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ И ИННОВАЦИИ  
ДЛЯ АПК: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ»**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE  
«SCIENCE, EDUCATION AND INNOVATION FOR AGRO-  
INDUSTRIAL COMPLEX: PROBLEMS AND PROSPECTS»**



**II – Тўпلام**

**22-23 ноябрь 2019 йил**

**ТОШКЕНТ – 2019**

Дискретное усреднение измеряемых величин за заданных интервал времени производится по формуле

$$Q_x(t_{n+1} - t_1) = \frac{1}{nt_c} \int_{t_1}^{t_{n+1}} X(t) dt \quad (11)$$

На четвертом этапе выполняется операции линеаризации и масштабирования с учетом различной природы параметров реальных объектов.

Для получения истинного значения измеряемой величины производится обратные функциональные преобразования – линеаризации

$$X = f(X^*) \quad (12)$$

Одним из наиболее рациональных методов линеаризации является аппроксимация функции  $f(X^*)$  при помощи полинома степени:

$$Z_n(X) = a_n X^n + a_{n-1} X^{n-1} + \dots + a_1 X^1 + a_0 \quad (13)$$

Где  $X^*$  - измеряемая величина, которая подается на ЭВМ

Наиболее удобным методом линеаризации зависимости является аппроксимация этой функции при помощи полинома [4]

После первичной обработки, т.е. фильтрации, усреднения, проверки на достоверность, линеаризации информации о текущем состоянии ТП поступает в пневматический регулятор. Одновременно к регулятору поступает оптимальное значение управляющих параметров, найденные в результате решения задачи оптимизации с использованием математических моделей, построенных по текущему состоянию в соответствии с выбранным критерием. По разности

$$X_{ont} - X_t = \Delta X \quad (14)$$

Вырабатывается соответствующее управляющее воздействие 2.3 или задание на регулятор.

Сигнал рассогласования через АЦП и электро – пневматические преобразователи (в виде пневматических сигналов) поступает на регуляторы.

Использование в контуре системы управления пневматических регуляторов обоснованотем, что биохимическое производство относится к категории взрывоопасных объектов. [5]

### Вывод

Пневматические регуляторы вырабатывают управляющие команды, которые зависят от разности между оптимальным и текущим состоянием и которые подаются на исполнительные механизмы. Последние обрабатывают управляющие воздействия (закрывая или открывая) реализующий орган на линии подачи или отвода технологической среды.

### Список используемой литературы

1. Рахманов Ш.Р Система управления процессом приготовления субстратов , Состояние и развитие кибернетики в Узбекистане , Ташкент 1993.
2. Рахманов Ш.Р Математическое моделирование и управление технологическими процессами микробиологического производства. Сборник статей международной научной конференции посвященной 20 – летию независимости Республики Узбекистан Ташкент 2011 г
3. Кабильджанов А.С методы обработки формирования экспериментальных данных, Ташкент 2018

УДК: 004.021:519.857:639.331.5

### МЕТОДЫ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КУЛЬТИВИРОВАННЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Рахманов ШеркулРахмонович, к.т.н. доц.,  
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

### Аннотация

В данной статье рассмотрены разные методы решения задач оптимального управления культивируемых микроорганизмов, а также анализ характеризующая меру отклонения теоретических рассчитанных данных от экспериментальных.

**Ключевые слова:** математический модель, культивируемых микроводорослей, численных методов вычислительных математики, параметрическая идентификация.

## METHODS THE SOLUTION OF A PROBLEM OF OPTIMUM CONTROL OF THE CULTIVATED MICROSEAWEED

Rakhmanov Sh.R.

### Abstract

In this article it is considered different methods of the solution of problems of optimum control of the cultivated microorganisms and also the analysis characterizing a measure of a rejection of the theoretical calculated data from experimental.

**Keywords:** mathematical model, cultivated microseaweed, numerical methods of computing mathematicians, parametrical identification.

**Введение.** Основные идеи теории и практики управляемого культивирования микроорганизмов сформулированы Н.Д.Иерусалимским [1], ММ как составные блоки глобальной оптимизационной модели микробиологического процесса могут быть эффективно использованы при решении задачи оптимального управления в режиме “On-line” том числе с учетом адаптации констант модели [2, 3, 4].

**Методика исследований.** Рассмотрим ситуацию, когда обобщенная модель процесса накопления биомассы микробной популяции представлена одним блоком и когда содержание ключевого фермента в единице биомассы неизменно. В этих случаях модель имеет следующий вид [5, 6, 7]:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \mu(S)X; \\ \frac{dS}{dt} = -\alpha\mu(S)X + U(t), \end{cases} \quad (1.1)$$

Где  $U(t)$  – скорость подпитки субстратом;

$X, S$  – скорость биомассы и лимитирующего субстрата;

$\mu(S)$ - функция Моно;

$\alpha$ - кинетическая константа.

В этом случае, когда решается задача поиска оптимального режима дробных добавок лимитирующего субстрата, система (1.1) примет следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \mu(S)X; \\ \frac{dS}{dt} = -\alpha\mu(S)X + U(t), \end{cases} \quad (1.2)$$

Пусть задача оптимального управления формулируется следующим образом: необходимо найти такую программу подачи питательного субстрата  $S$  в ферментер, которая к заданному моменту времени обеспечила бы максимальное накопление биомассы.

Математически задача оптимального управления формализуется следующим образом:

$$\begin{aligned} R = X(T) \rightarrow \max_{U(t)} \{X(t)\}; \\ 0 \leq U(t) \leq U_{max} \\ X(0) = X_0; S(0) = S_0 \end{aligned} \quad (1.3)$$

где  $T$  – заданная длительность процесса ферментации;

$U_{max}$  – максимально допустимая скорость подпитки субстратом;

$R$  - критерий оптимальности (или целевая функция).

Аналитическое решение задачи оптимального управления возможно лишь в частных случаях. Поэтому даже для самых простых зависимостей удельной скорости роста от концентрации лимитирующего рост микроводорослей субстрата  $\mu S$  приходится прибегать к помощи ПЭВМ и численных методов вычислительной математики.

Обычными методами решения задач оптимального управления являются методы, при которых, меняя управляющий параметр  $U(t)$  вычисляют значения критерия оптимальности, не прибегая к вычислению вспомогательных переменных и выбирая такую программу подпитки  $U(t)$ , которая обеспечивала бы экстремум функционалу (1.3) [9, 10]. Однако как прямые, так и непрямые методы максимизации функционала (1.3) требуют достаточно длительного машинного времени. При этом процедурам поиска оптимального управляющего воздействия предшествует еще более длительная и трудоемкая процедура идентификации параметров математической модели (1.2).

Имея в виду уравнение Моно, допустим, что функция описывается следующим выражением

$$\mu(S) = A_1 \frac{S}{S + A_2} * \frac{A_3}{S + A_3}, \quad (1.4)$$



где  $A_1, A_2, A_3$  – параметры модели,

$S$  – концентрация лимитирующего субстрата.

Функцию  $\mu(S)$  в виде (1.4) подставим в (1.2) и получим ММ в следующем развернутом виде:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = A_1 \frac{S}{S+A_2} * \frac{A_3}{S+A_3}, \\ \frac{dS}{dt} = -\frac{1}{y} A_1 \frac{S}{S+A_2} * \frac{A_3}{S+A_3} * X + U(t), \end{cases} \quad (1.5)$$

**Результаты исследований.** Задача идентификации математической модели в данном случае заключается в том, чтобы по имеющимся экспериментальным данным наилучшим образом определить ее параметры. Показателем качества выполненной таким образом параметрической идентификации служит функция невязки, характеризующая меру отклонения теоретически рассчитанных данных от экспериментальных. Такой мерой отклонения может быть, например, функция

$$q(A_1, A_2, A_3, Y) = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_i^{экс}) W_i}{N - m} \rightarrow \min A_1, A_2, A_3, Y \quad (1.6)$$

Где  $A_1, A_2, A_3, Y$  – параметры математической модели (1.4) или (1.5)

$X_i, X_i^{экс}$  – соответственно теоретические и экспериментальные значения концентрации биомассы;  $W_i$  – весовые коэффициенты;  $N$  число экспериментальных точек;  $m$  число оцениваемых параметров (в данном случае  $m=4$ ).

При решении задачи минимизации функции невязки теоретические значения концентрации биомассы  $Y_i$  получают путем численного интегрирования системы при начальных условиях (1.3).

Традиционная математическая модель с параметрами, полученными в результате минимизации функционала, описывает процесс накопления биомассы «в среднем». Соответственно эффект от оптимального управления проявляется также «в среднем».

Для оптимального управления в реальном масштабе времени необходимо решить задачу минимизации функционала в темпе поступления информации  $X_i^{экс}$  по ходу текущей ферментации.

**Вывод.** В работе [11] описано решение задачи оптимизации культивирования, которая осуществлена путем комбинирования периодического, полупериодического и непрерывного способов получения продукта метаболизма. Задача поиска оптимального, с точки зрения, производительности процесса решалась с помощью преобразования Келли и на основе принципа максимума Понтрягина. Преобразование Келли позволяет избежать ситуации, когда принцип максимума становится бесполезным.

#### Используемая литература:

1. Блохина И.И., Огарков В.Н., Угодчиков Г.А. Управление процессами культивирования микроорганизмов (системный подход) – Горький. Волго-Вятское кН. Изд-во 1983. – 174 с.
2. Иванов В.Н., Угодчиков Г.А. Клеточный цикл микроорганизмов и гетерогенность их популяций. Киев: Науков думка, 1984.
3. Зудин Д.В., Кантера В.Н., Угодчиков Г.А. Автоматизация биотехнологических исследований. Москва, «Высшая школа», 1987.
4. К.А. Ахметов, М.А. Исмаилов Математическое моделирование и управление технологическим процессами биохимического производства. Ташкент, «Фан», 1988, - 96 с.
5. Рахманов Ш.Р. Система управления процессом приготовления субстратов. Ташкент 1993.
6. Бирюков В.В., Кантере В.М. Оптимизация периодических процессов микробиологического синтеза: М.: Наука. 1985. – 296 с.
7. А.С. Кабилджанов. Методы обработки и формирование экспериментальных данных. Ташкент 2018.

УДК: 004.021:519.857:639.331.5

#### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОТЕКАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Рахманов Шеркул Рахмонович, к.т.н. доц.,  
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация

МУНДАРИЖА

3-шўъба. ҚИШЛОҚ ВА СУВ ХЎЖАЛИГИДА ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНЛАРНИ ЭЛЕКТРЛАШТИРИШ, АВТОМАТЛАШТИРИШ ВА ЭНЕРГИЯ ТАЪМИНОТИ ДОЛЗАРБ МАСАЛАЛАРИ		
1	Gazieva R.T., Ozodov E.O. <i>Automatic diffusion mixing system for watering in regions with high water sales</i>	6
2	Газиёва Р.Т., Озодов Э.О., Абдукаримова М. <i>Ичимлик суви насос станциясида "fluidlab® water management" дастурий таъминотидан фойдаланиш</i>	8
3	Газиёва Р.Т., Нигматов А.М. <i>Алгоритм составление логической схемы управления насосного агрегата на насосной станции</i>	12
4	Газиёва Р.Т., Муталов А.А., Отабеков М. <i>Ичимлик суви таъминоти тизимида интеллектуал назорат воситаларини қўллаш</i>	15
5	Бабаходжаев Р.П., Мирзаев Д.А., Эшқуватов Л.М., Бозорбоев А.А. <i>Некоторые результаты численного исследования гидродинамики течения жидкости в трубках с локальными турбулизаторами</i>	18
6	Бокиев А.А., Нуралиева Н.А., Ботиров А.Н. <i>Современные аккумуляторы для электрифицированных технических средств в мелиорации</i>	22
7	Джалилов А.У., Уролов С. <i>Томчилатиб сугориш жараёнини бошқаришнинг автоматлаштирилган тизими</i>	31
8	Мухаммадиев А., Турапов И.М., Байзаков Т.М., Автономов В.А., Эгамбердиев Р.Р., Арипов А.О., Чориев Б.С. <i>Агроэлектротехнология стимуляции хлопчатника и других сельхозкультур</i>	35
9	Nuralieva N.A., Sulstonov S.S., Boqiev A.A. <i>O'simliklarga qator oralab ishlov beruvchi elektr mexanik qurilma</i>	39
10	Nuralieva N.A., Bokiev A.A. <i>Qishloq xo'jaligi elektr texnologik jihozlari uchun zamonaviy energiya saqlash qurilmalari</i>	43
11	Халикназаров Ў.А. Матчанов О.Қ. Турсунов А. <i>Ипак қурти гумбагини жонсизлантиришда ионлашган иссиқлик агентини татиқ этиш</i>	45
12	Рахманов Ш.Р. <i>Средства обработки и формирования сигналов управления</i>	50
13	Рахманов Ш.Р. <i>Методы решение задачи оптимального управления культивируемых микроводорослей</i>	53
14	Рахманов Ш.Р. <i>Разработка алгоритмов прогнозирования протекания технологического процесса культивирования микроводорослей</i>	56
15	Рахманов Ш.Р. Эльмуратов Ф.М. Братышев Д.Д. <i>Анализ специфических особенностей производства микроводорослей как объекта математического моделирования и автоматического управления</i>	58
16	Рахманов Ш.Р. Абдуллаева Д.А. <i>Математическое моделирование и управление технологическими процессами микробиологического синтеза</i>	60
17	Рахманов Ш.Р. Абдуғаниев А.А. Эльмуратов Ф.М. <i>Особенности производства микроводорослей как объектов математического моделирования и автоматического управления</i>	63
18	Рахманов Ш.Р. Братышев Д.Д. Эркаева Ч.Х. <i>Использование математического моделирования и управление технологическими процессами микробиологического синтеза в задачах алгоритмизации</i>	65
19	Рахманов Ш.Р. <i>Математическое моделирование технологического процесса культивирования хлореллы</i>	67
20	Рахматов А.Д. Назаров О.А. <i>Муқобил энергия манбаларидан фойдаланиш истиқболлари</i>	70
21	Убайдуллаева Ш.Р. <i>Қишлоқ ва сув хўжалигида тарқатилган автоматлаштирилган тизимларни қўллаш</i>	73
22	Убайдуллаева Ш.Р. <i>Дала ҳовли иссиқ сув таъминотини назорат қилишнинг автоматлаштирилган тизими</i>	76
23	Убайдуллаева Ш.Р. <i>Сув таъминоти маъший чўкма насосларни автоматлаштиришнинг замонавий воситалари</i>	80
24	Раджабов А., Ибрагимов М., Эшпулатов Н.М. <i>Фермер хўжаликлари учун кўёш электр станциясини лойиҳалаш асослари</i>	84
25	Раджабов А., Ибрагимов М., Эшпулатов Н.М. <i>Кичик қувватли шамол электр станциясини лойиҳалаш методикаси</i>	87