

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ В ЦИФРОВЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ С ДВОЙНОЙ ШКАЛОЙ ВРЕМЕНИ

Соколов Д.С.

*Камышинский технологический институт
(филиал) Волгоградского государственного
технического университета
Камышин, Волгоградской обл., Россия*

Приводятся результаты исследования систем управления одним из распространенных классов технологических процессов, принцип работы которых основан на смеси двух или более

$$\begin{cases} x_1[s+1] = A_{11}x_1[s] + A_{12}x_2[s] + B_1u[s] + \varphi_1[s], \\ x_2[s+1] = A_{21}x_1[s] + A_{22}x_2[s] + B_2u[s] + \varphi_2[s], \end{cases}$$

где $x_1[s]$ и $x_2[s]$ – векторы состояния объекта, соответствующие медленному и быстрому subprocessам, $u[s]$ – вектор управляющих воздействий, $\varphi_1[s]$, $\varphi_2[s]$ – векторы размерности $n_1 \times 1$ и $n_2 \times 1$, определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \varphi_1[s] &= A_{12}(E - A_{22})^{-1}F_2[s] + F_1[s], \\ \varphi_2[s] &= (E - A_{22})^{-1}F_2[s], \end{aligned}$$

$F_1[s]$ и $F_2[s]$ – векторы детерминированных возмущающих воздействий, A_{ij} , $i, j = 1, 2$ и B_i , $i = 1, 2$ – параметры дискретных моделей объекта, $n_1 + n_2 = n$ – общий порядок модели объекта.

При этом управляющая система строится как двухуровневая, форма ее реализации – цифровая. Согласно принятой терминологии такие системы называются управляющими системами с двойной шкалой времени (далее – ДШВ).

Верхний уровень управляющей системы ответственен за управление медленной динамикой.

Нижний уровень ответствен за подавление собственной динамики быстрого subprocessа, вызываемой изменениями начальных условий в моменты резких изменений задающих воздействий.

Управляющее воздействие строится как составное. Его составляющими являются:

- медленное управление, рассчитываемое с дискретой Δt , выбор которой определяется свойствами динамики медленной составляющей процесса. Основа выбора – теорема Котельникова и ее инженерные приложения;

- быстрое управление, рассчитываемое с существенно меньшей дискретой $\square t$. Выбор быстрой дискреты осуществляется на основе рекомендаций теории систем с ДШВ на основании определения продолжительности пограничного слоя, в течение которого заметно влияние свободной динамики быстрого subprocessа.

Предметом исследования является совокупность вопросов, недостаточно отраженных в предшествующих результатах и потому требующих специального изучения. Этот комплекс вопросов относится к взаимодействию между быстрой и медленной подсистемами, и к оценке эффективности составного управления.

физических принципов, имеющих существенные различия в инерционности. Методы построения управляющих систем такими процессами развиваются на кафедре «Автоматизированные системы обработки информации и управления».

Главная идея построения управляющих систем для процессов такого класса (называемых разнотемповыми) состоит в разделении задачи управления на несколько уровней, функционирование которых происходит в разных масштабах времени. Соответствующий подход рассматривается далее применительно к процессам с двумя разнотемповыми составляющими:

Методика исследования построена по следующей схеме. Для того, чтобы исключить влияние субъективных факторов на выбор стратегии управления используется постановка задачи управления в оптимизационных терминах согласно теории аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР).

Процесс генерации моделей для управляющих контуров разного уровня производится с использованием формулы Лагранжа-Сильвестра.

Для последующих вычислительных экспериментов были предложены специальные формулы, генерирующие модель объекта с наличием двух разнотемповых subprocessов. Генерация дискретных моделей для каждого из уровней управляющей системы производится из условия совпадения значения векторов состояния исходной непрерывной и порождаемых моделей в точках отсчета дискрет времени.

Эталонное качество управления рассчитывается по результату решения АКОР-задачи на модели объекта в быстром масштабе времени без декомпозиции динамики процесса на subprocessы.

Далее производятся исследования различных вариантов законов субоптимального управления. Источники упрощения – двух типов. Первый состоит в отказе выдачи управляющего воздействия АКОР-алгоритма в каждом такте быстрого времени. Вариации этого приема: либо рассчитывать управляющие воздействия, постоянные на интервале дискретизации медленного времени на верхнем уровне управляющей системы и передавать ее на нижний уровень для непосредственного применения, либо рассчитывать на верхнем уровне параметры этого алгоритма, постоянные для всей текущей дискреты медленного времени, и затем передавать их на нижний уро-

вень для самостоятельного формирования управляющего воздействия.

Данный вариант не использует идеи ДШВ, но является источником для оценки: будет ли улучшен критерий работы системы, если идеи ДШВ использовать. Второй вариант упрощения состоит в прямом использовании идеи ДШВ. При этом сложность задач управления для каждого из уровней УС понижается до размерности subprocessов. Вариации этого приема: использовать только медленное управление (как это было в монографии), либо использовать составное управление, примеры по которому в монографии не были рассчитаны.

Сопоставимость результатов вычислительных экспериментов обеспечивается тем, что критерий качества работы системы оценивается непосредственно по показателям в быстром времени.

В работе были получены результаты, обладающие признаками новизны:

- проведен синтез алгоритма для нижнего уровня УС, работающей в быстрой шкале времени;

- проведена серия вычислительных экспериментов, в которых УС генерирует составные управляющие воздействия;

- в результате экспериментов была подтверждена высокая эффективность введения составного управления по сравнению только с медленным управлением. В проведенной серии экспериментов достигнуто улучшения критерия оптимальности примерно на 85%;

- выявлена вспомогательная оптимизационная задача, настройки параметров для части критерия управления свободной составляющей быстрого subprocessа.

Проблемы агропромышленного комплекса

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В САХАРИСТЫЕ КРАХМАЛОПРОДУКТЫ (ПАТОКИ, СИРОПЫ)

Коваленко Г.А., Перминова Л.В.
*Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия*

Крахмал и сахаристые крахмалопродукты (патоки, глюкозные и глюкозо-фруктозные сиропы) являются крупнотоннажными продуктами пищевой промышленности и имеют устойчивый и стабильно возрастающий спрос. На сегодняшний день мировое производство глюкозно-фруктозных сиропов (ГФС) составляет около 15 млн. т в год. В странах – основных производителях крахмала и крахмалопродуктов (США, Канада, Германия, Франция, Дания, Голландия, Япония и Таиланд), ежегодное производство крахмала и сахаристых крахмалопродуктов составляет 20-50 кг на душу населения, в России – лишь 0.2 кг. Согласно национальной Программе «Развитие биотехнологии в РФ на 2006-2015 гг.», принятой на III Съезде биотехнологов, организация производства глюкозо-фруктозных сиропов является приоритетным направлением в развитии отечественной биотехнологии.

Данные исследования посвящены разработке современной отечественной технологии переработки возобновляемого растительного сырья в сахаристые крахмалопродукты. Оригинальность и новизна технологии заключается в проведении одной из ключевых стадий переработки крахмалсодержащего сырья – стадии *осахаривания крахмала*, в гетерогенном режиме с участием биокатализатора «Глюкоамилаза на Сибуните®», в высокопроизводительном вихревом погружном реакторе нового поколения. Биокатализатор отличается высокой стабильностью; время его по-

луинактивации ($t_{1/2}$) при 60°C составляет более 350 час. При продолжительности работы 700 час (2 $t_{1/2}$) продуктивность биокатализатора составляет 5,3 т глюкозы /кг. Поскольку в предложенной технологии используется исключительно *ферментативный гидролиз* сырья, конечный продукт (патока, сироп) обладает высоким качеством из-за отсутствия нежелательных примесей (содержание оксиметилфурфурола снижается в >100 раз). Энерго- и ресурсо-затраты уменьшаются не менее чем на 20%, агрессивные сточные воды отсутствуют. Технология позволяет легко регулировать углеводный состав патоки согласно требованиям заказчика. Следует отметить, что практическое внедрение предложенной технологии на предприятиях крахмалопаточной отрасли приведет к существенному улучшению технико-экономических показателей процессов переработки возобновляемого крахмалсодержащего сырья в востребованные на рынке сахаристые вещества.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ КРОВИ СВИНЕЙ

Лазарева Л.В.
*Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия*

Поиск тестов крови для прогноза продуктивных качеств животных актуален. Подбор оптимального спектра ферментов, катализирующих разные реакции метаболизма, является основой энзиматического прогнозирования продуктивности животных.

Эксперимент проведен в учебном хозяйстве ГПЗ «Тулинское» Новосибирского государственного аграрного университета. Объектом