

ориентированного подхода и активное использование цифровых образовательных ресурсов на уроках программирования может сделать обучение более захватывающим и эффективным для учащихся 10 классов, обеспечивая высокий уровень вовлеченности и понимания материала, что сравнительно редко встречается в традиционных образовательных подходах.

*Список использованных источников*

- 1 Johnson, S., & Smith, H. (2022). Engaging Students in Computational Thinking: The Success of Interactive Learning Environments. New York: Springer.
- 2 Кадыркулов Р., Нурмуханбетова Г. (2019). Учебник по предмету Информатика для учеников 10 класса. Алматы: Алматыкітап.

*Бексары Д., студент  
Сугурова Л.А., PhD*

*Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати*

## **СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ФОСФОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **Введение**

**Целью** настоящей работы является разработка интеллектуальной системы оптимального управления технологическим процессом производства желтого фосфора и подсистемы оперативной диагностики состояния технологического оборудования.

В ходе исследований использовались методы математического моделирования, методы планирования эксперимента, методы нечеткого моделирования, методы создания и обучения нейронных сетей и нейросетевых алгоритмов.

На основании выполненных исследований предложена:

- трехэтапная процедура разработки интеллектуальных либо гибридных моделей процесса управления объектом;

-синтезирована интеллектуальная модель оптимального управления процессом электроплавки фосфоритовой шихты и проведены исследования интеллектуальных моделей на адекватность, устойчивость, однозначность и чувствительность;

Предложена методика создания подсистемы оперативной диагностики состояния технологического оборудования в составе действующей на НДФЗ АСУТП.

#### **Актуальность темы**

В условиях рыночной экономики *актуальной* является задача разработки методов и средств создания интеллектуальных систем оптимального управления технологическими процессами, позволяющими значительно повысить их экономическую эффективность.

На наш взгляд, наиболее эффективно использовать интеллектуальные технологии совместно с классическими методами управления технологическими процессами. При этом удастся совместить преимущества традиционных методов, приемов и алгоритмов с *математическим аппаратом теории искусственного интеллекта*. Такие системы назовем *гибридными системами управления*.

#### **Новизна работы**

Мы предлагаем опробовать разрабатываемые методы и средства создания интеллектуальных технологий для управления сложнейшим технологическим процессом - электроплавки фосфора. Ведь даже незначительное улучшение показателей этого процесса может привести к значительному экономическому и экологическому эффектам. Наряду с требованиями высокой экономической эффективности повышенное внимание уделяется качеству выпускаемой продукции, что невозможно осуществить без применения методов управления, основанных на *современных интеллектуальных технологиях*.

Методика создания интеллектуальных систем управления

При разработке модели оптимального управления процессом, подразумевают вот такую цепочку: *разработка структуры модели процесса → проведение экспериментальных исследований на объекте → идентификация модели → формулирование оптимизационной задачи → подбор метода оптимизации → разработка алгоритма оптимального управления*.

Вот такой традиционный подход предполагает длительный, дорогостоящий и не всегда успешный путь создания системы оптимального управления.

**Значимость работы.** Использование ИТ позволяет решать аналогичные задачи сразу же. Дело в том, что методы искусственного интеллекта предполагают использование знаний, опыта и интуиции людей-экспертов, хорошо знакомых с предметной областью. То есть здесь используется так называемый эффект «готовых знаний». В отличие от этого разработка математической модели (основного компонента системы) является процессом создания «новых знаний», и поэтому требует длительного времени на проведение теоретических исследований, а также больших материальных и трудовых затрат для проведения экспериментальных исследований и идентификации модели.

Передача «готовых знаний» от людей-экспертов в базу знаний интеллектуальной системы значительно упрощает создание интеллектуальных систем, а их эксплуатация позволяет исключить эффект «человеческого фактора» при управлении процессом

**Используя основную идею нашей работы** и развивая имеющиеся методы ИТ, мы предлагаем трехэтапную процедуру создания систем оптимального управления технологическими процессами.

На **первом этапе** производятся априорные исследования технологических особенностей объекта управления по литературным источникам, публикациям в периодических изданиях и заводской технической документации.

На **втором этапе** разрабатывается модель процесса управления. С помощью опытных экспертов определяется основная цель управления (аналог целевой функции в оптимизационных задачах). Основной задачей второго этапа является составление матрицы планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ). Например, при двух входных переменных составляется матрица планирования ПФЭ, приведенная в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица планирования ПФЭ

№ эксперимента	$X_1$	$X_2$	$Y^3$ оценка эксперта
1	0,0	0,0	
2	0,0	0,5	
.....			
.....			
8	1,0	0,5	
9	1,0	1,0	

Величины: 0,0; 0,5; 1,0 означают минимальное, среднее и максимальное значения входных переменных  $X_1$  и  $X_2$ . Эксперту остается лишь с учетом своего опыта, знаний и интуиции проставить значения выходной переменной  $Y^3$  (управляющего воздействия) в диапазоне от 0,0 до 1,0.

На **третьем этапе** производится исследование созданных моделей управления. Полученные модели подвергаются тщательному исследованию и анализу их чувствительности, устойчивости, однозначности. Для чего проводится моделирование процесса управления при различных изменениях входных переменных, строятся кривые изменения выходных переменных при изменении входных переменных, и производится их анализ совместно с экспертами.

После завершения исследования моделей, полученных разными методами, производится сравнительный анализ на их адекватность.

Наиболее адекватная модель должна пройти имитационные испытания в условиях действующего производства. При этом на вход модели подаются действительные входные переменные, снятые с измерительной аппаратуры промышленного агрегата, а результаты моделирования (выходная управляющая переменная) сравнивается со значением управления, реально осуществляемым опытным оператором-технологом.

В соответствии с такой постановкой задачи трехуровневая иерархическая структура системы оптимального управления процессом производства желтого фосфора будет иметь вид, приведенный на рисунке 1.

На верхнем уровне АСУТП интеллектуальная подсистема производит расчет оптимального состава шихты и значения мощности печи на текущую смену.

На среднем уровне АСУТП работают две подсистемы: подсистема расчета оптимальной текущей мощности печи и подсистема управления очисткой отходящих печных газов в сухих электрофильтрах (СЭФ)

На нижнем уровне АСУТП подсистема стабилизации мощности печи производит стабилизацию путем погружения или поднятия электродов, эта подсистема выполняет стабилизацию рассчитанных на среднем уровне параметров работы печи.

Таким образом добавление в систему дополнительного – среднего уровня АСУТП позволяет стабилизировать температуру под сводом печи, что приводит к снижению потерь фосфора с отходящими газами после конденсатора.

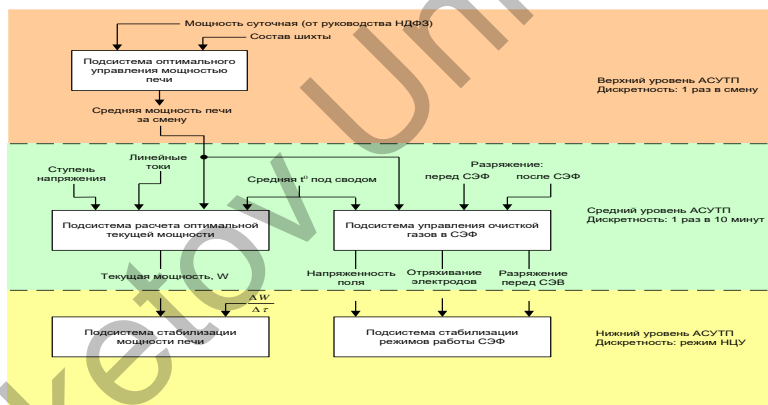


Рисунок 1 - Трехуровневая иерархическая структура системы оптимального управления процессом производства желтого фосфора

### Формирование матрицы планирования полного факторного эксперимента

Основной задачей при разработке модели управления является составление матрицы планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ). От качества матрицы ПФЭ будет зависеть эф-

фективность работы всей системы управления. Матрица планирования ПФЭ должна отражать опыт, знания и интуицию технологов-операторов, долгое время работавших на руднотермических фосфорных печах.

В таблице приведен фрагмент матрицы планирования ПФЭ для четырех входных и одной выходной переменной.

Таблица 2 – Матрица планирования ПФЭ для подсистемы среднего уровня управления

Входные переменные					Выходная переменная
№ эксп.	Степень напряжения, $X_1$	Линейные токи, $X_2$	Высота траверсы, $X_3$	Температура под сводом, $X_4$	Текущее напряжение, $Y$
1	0.0	0.5	0.0	0.5	0,76
2	0.5	0.5	0.0	0.5	0,53
3	1.0	0.5	0.0	0.5	0
...					
80	0.5	1.0	1.0	1	0,63
81	1.0	1.0	1.0	1	0,07

В матрице планирования ПФЭ заложены знания экспертов по управлению текущей мощностью в зависимости от температуры под сводом печи, ступени напряжения, значений линейных токов и высоты подъема траверсы с электродами. Матрица планирования ПФЭ может быть использована при разработке моделей управления четырьмя способами: методом планирования эксперимента, методом нечеткого моделирования, методом нейронных сетей и нейро-нечеткими методами.

### **Перспектива использования**

Разработка интеллектуальных моделей (алгоритмов) управления

Разработку интеллектуальных моделей (алгоритмов) управления процессом производства желтого фосфора на среднем уровне АСУТП произведем тремя методами: нечеткого моделирования, нейросетевым методом и нейро-нечеткими алгоритмами.

Разработку нечеткой модели будем выполнять с использованием графических средств системы Matlab.

### Сравнительный анализ моделей на адекватность

Проведем сравнительный анализ на адекватность интеллектуальных моделей и оценим их чувствительность, однозначность и устойчивость. Результаты исследований интеллектуальных моделей управления на среднем уровне АСУТП сведены в таблицу

Таблица 5 - Результаты моделирования интеллектуальных моделей

№ эксперимента	Нечеткая логика	Нейронная сеть	Нейро-нечеткая сеть	Правильный ответ Y
1	2	3	4	5
1	0,76	0,76357	0,76	0,76
2	0,53	0,53443	0,53	0,53
...				
80	0,63	0,57944	0,63	0,63
81	0,07	0,064694	0,07	0,07
<b>Ошибка, %</b>	<b>0,3%</b>	<b>2,9%</b>	<b>0,2%</b>	

Анализ таблицы показал, что использование метода планирования эксперимента невозможно из-за недопустимо высоких значений абсолютных ошибок. Интеллектуальные модели показали свое преимущество: от 0,2 % до 2,9%, при этом наилучшим оказался метод нейро-нечетких сетей (0,2% ).

### Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали высокую эффективность алгоритмов управления, полученных с помощью методов искусственного интеллекта. По сравнению с классическими методами построения аналитико-статистических моделей методы, основанные на знаниях, опыте интуиции людей-экспертов позволяют создавать системы оптимального управления сложными технологическими процессами значительно легче, быстрее и эффективнее. При этом оценка адекватности интеллектуальных моделей на порядок выше, чем при традиционном моделировании.

### Литература

1. Сулейменов Б. А. Интеллектуальные и гибридные системы управления технологическими процессами. – Алматы: Шикула. - 2009. – 304 с.
2. Б.А. Сулейменов, Г.М. Мутанов, А.Б. Сулейменов. Интеллектуальные системы управления: теория, методы, средства. – Алматы: Казак университеті, 2012. - 223 с.
3. Технологический регламент цеха по производству желтого фосфора для ТОО «Казфосфат» НДФЗ. – Л.: Лен НИИ Гипрохим. 1987. – 187 с.
4. Ершов В.А. Исследование процесса электротермической переработки фосфоритов Каратау. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета. 1973. - 236 с.

*Қалмұрза Ә.А., студент  
Рыстыгулова В.Б., к.ф.м.н., асс. профессор  
Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ARDUINO НЕКОТОРЫХ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ**

**Актуальность исследования.** Моделирование некоторых прикладных задач с помощью компьютерных программ оптимизирует использование в повседневной жизни. Но перед практической реализацией проекта, мы можем провести все нужные тесты в виртуальной среде компьютерных программ. Для этого использована сайт TinkerCad.

TinkerCAD – это онлайн сервис, который сейчас принадлежит самой известной компании мира CAD-систем – Autodesk. TinkerCAD уже давно известен многим как простая и бесплатная среда для обучения 3D-моделированию. Совсем недавно TinkerCAD получил возможность создания электронных схем и подключения их к симулятору виртуальной платы ардуино. Эти крайне важные и мощные инструменты позволяют существенно облегчить начинающим разработчикам Arduino процессы обучения, проектирования и программирования новых схем.

**Новизна проекта.** Разработка электрической схемы в Arduino автоматического процесса накидывания капюшона. Определения уровня жидкости в сосуде с помощью датчика влажности.