

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ. ПРОИЗВОДСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ТРАНСПОРТИРОВКА**

**Создание системы усовершенствованного управления технологическим процессом водоснабжения.**

Традиционные методы управления технологическими процессами, как правило, основанные на PID-регуляторах, в сложных процессах наталкиваются на свои границы.

Большие возможности предоставляют встроенные в систему управления процессами функции усовершенствованного управления процессами (Advanced Process Control, APC), которые математически описывают сложные взаимосвязи параметров процесса.

Это направление объединяет целый ряд методов и алгоритмов, таких как построение моделей, прогнозирующее управление, моделирование пространства состояний и т. п.

Система расширенного управления технологическим процессом решает, по сути, две задачи:

- за короткое время вычислить оптимальный режим для технологического процесса;
- удерживать технологический процесс в рамках оптимального режима, оперативно предупреждая и устраняя отклонения от него.

Система расширенного управления технологическим процессом позволяет:

- уменьшить нежелательные колебания параметров процесса;
- сократить расход сырья и потребление энергии;
- повысить производительность и качество продукции;
- уменьшить нагрузки на управляющий персонал.

В качестве инструментальных пакетов программирования системы усовершенствованного управления технологическим процессом водоснабжения используются пакеты программного обеспечения, разработанные ведущими производителями программного обеспечения для автоматизации технологических процессов.

Основное назначение и решаемые задачи

Пакеты программного обеспечения системы усовершенствованного управления является интеллектуальной надстройкой над оперативными и историческими базами производственных данных. Его ключевое на-

значение – использование исторических данных для получения информации о протекании технологических процессов, а также для построения функциональных связей и генерации статистических моделей зависимости целевых показателей эффективности (KPI) процессов от параметров технологического режима работы. На основе построенных моделей данный продукт позволяет проводить симуляции различных режимов работы объектов, не экспериментируя при этом на реальном оборудовании. Помимо этого, предоставляется возможность решения широкого класса задач по усовершенствованию технологических процессов:

- диагностика и поиск причин отклонений параметров процесса от желаемых значений,
- задачи мониторинга состояния оборудования,
- построения виртуальных датчиков,
- задачи стабилизации и оптимизации целевых показателей эффективности.

В качестве результатов формируются решения, от off-line синтеза управляющих воздействий с созданием активных правил и рекомендаций по коррекции работы процесса, до on-line реализации в виде советчика оператора по оптимальному ведению технологического режима.

Пакеты программного обеспечения системы усовершенствованного управления поддерживают интеграцию со следующими источниками данных:

- базы данных Microsoft Access, MySQL, SQL Server, Oracle;
- архивы OSI-Soft PI, Proficy Historian, Wonderware;
- АСУ ТП через OPC интерфейс;
- различные текстовые данные и пользовательские форматы .NET

Для обработки и подготовки статистики для моделирования в пакете проводится корреляционный анализ данных, использующийся как для выбора декоррелированных входных параметров модели и определения ключевых факторов, влияющих на KPI, так и для нахождения временных запаздываний KPI от входов модели. Заложена также возможность проведения частотного анализа данных для определения цикличности различных показателей.

Построение моделей реализовано с помощью современных методов машинного обучения. Причем возможно строить многомерные модели различной степени сложности: как линейные, так и нелинейные. Для построения нелинейных зависимостей используется аппарат искусственных нейронных сетей. Имеется возможность программировать свои модели или добавлять функции, сделанные в других приложениях. Имеется возможность решения оптимизационных задач с простыми линейными ограничениями интервального типа.

Работа в пакетах программного обеспечения системы усовершенствованного управления состоит из ряда интуитивно понятных шагов:

- импорт данных: помимо интеграции с различными источниками, имеется и интерфейс для объединения баз данных;

- визуализация и подготовка данных:

- тренды;

- гистограммы;

- диаграммы рассеяния;

- статистические характеристики;

- выделение рабочих или ложных областей;

- корреляционный и частотный анализ, определение временных задержек;

- построение моделей:

- нелинейные модели;

- модели правил, четкой и нечеткой логики.

- анализ результатов моделирования, определение причин отклонений, просмотр сценариев «что-если» и структуры зависимостей «вход-выход»;

- off-line оптимизация для оценки потенциала возможных улучшений процесса;

- на основе предыдущих шагов построение off-line решений в виде активных правил и рекомендаций по управлению процессом.

Пакеты программного обеспечения системы усовершенствованного управления обеспечивают проведение симуляций и построение on-line решений. Помимо этого, в них содержится инструментарий для многокомпонентного моделирования и оптимизации в режиме реального времени. Имеются возможности для программирования собственных моделей и объектов, а также интеграции объектов, созданных во внешней среде.

Пакеты программного обеспечения системы усовершенствованного управления предоставляют сервис web-отчетов для наглядного представления различной аналитической информации.

### **Методология создания системы управления производством питьевой воды на примере Волковской водопроводной станции в Санкт-Петербурге.**

Сырьем для производства воды питьевого качества на Волковской водопроводной станции является вода, забираемая из поверхностного источника р. Невы.

Природная вода является сложной системой, содержащей органические и неорганические вещества, а также тонко диспергированные компоненты. Кроме того, качество природной воды может меняться в

зависимости от времени года, химического и дисперсионного состава, антропогенной и техногенной нагрузки на водоисточник.

Технологический процесс производства питьевой воды на Волковской водопроводной станции включает этапы:

- двухступенчатое обеззараживание воды
- осветление
- обесцвечивание
- сорбцию (периодически, по регламенту).

Процессы реализуются на водопроводных сооружениях одноступенной схемы (контактные осветлители). Эффективность процессов обеспечивает применение химических реагентов: сернокислого алюминия и катионного полиакриламида (коагулянт и флокулянт соответственно), сульфата аммония и гипохлорита натрия.

Параметры управления производственным процессом:

1. гидравлический режим работы водопроводных сооружений
2. режим реагентной обработки
3. режим промывки фильтровальных сооружений.

Нормы расхода химических реагентов устанавливаются с учетом обеспечения производства питьевой воды гарантированного качества, регламентируемого требованиями СанПиН.

Удельная норма расхода химических реагентов устанавливается с учетом качественных характеристик исходного сырья

- для каждого реагента на единицу продукции 1 тыс. м<sup>3</sup>.
- для каждой технологической схемы производства питьевой воды

На водопроводных станциях ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» дозирование химических реагентов осуществляется в автоматическом режиме пропорционально расходу обрабатываемой воды (основной контур дозирования). Решение о выборе дозы активного вещества принимает технологический персонал на основании технологических режимных карт. На каждой водопроводной станции функционирует автоматизированная система контроля качества воды по этапам водоподготовки, что является аппаратной основой для создания второго контура управления дозирующими системами реагентной обработки.

Основой создания системы управления является построение математической модели. Существует взаимосвязь между изменениями факторов внешнего воздействия, коими в данном случае являются значимые на тот или иной технологический процесс качественные характеристики обрабатываемой воды с учетом особенностей технологической схемы каждого объекта и выбором оптимальных параметров реагентной обработки.

Таким образом, тип модели - причинно-следственный.

## **Транспортировка**

При транспортировке питьевой воды по системам коммунального водоснабжения г. Санкт-Петербурга вследствие коррозии трубопроводов существует риск изменения качества питьевой воды по показателям «мутность» и «общее железо».

Риск изменения качества питьевой воды значительно возрастает при резком увеличении скорости движения воды, в особенности при изменении направления движения. Изменение режима водоснабжения может быть обусловлено:

1. режимом работы насосных агрегатов, как на водопроводной станции так и на повысительных насосных станциях
2. авариями на участках распределительной сети
3. нарушениями при проведении регламентных работ

Для контроля качества питьевой воды зоны водоснабжения оснащены приборами онлайн контроля. Приборный парк в основном представлен анализаторами мутности. «Мутность» является интегральным показателем как качества работы водопроводной станции, так и состояния систем транспортировки. При этом следует учитывать, что при формировании алгоритма управления учитываются те значения показателя, которые считаются критичными именно для конкретно зоны, где установлены анализаторы.

Кроме приборов контроля качества питьевой воды в наличии имеются приборы контроля расхода и давления. Существует высокая вероятность, что при значительном изменении расхода воды и давлением качество питьевой воды изменится в сторону ухудшения. Однако следует помнить, что прогнозировать ухудшение качества воды по значению расхода и давления можно только по тем приборам, которые установлены непосредственно в зоне влияния. Поэтому при создании системы управления качеством услуги прежде всего определяются зоны взаимного влияния в направлении от водопроводной станции по ходу движения воды.

Алгоритм формирования аварийных сигналов. При регистрации критичного параметра на приборе онлайн система проверяет в зоне влияния

1. показатели качества на выходе с водопроводной станции
2. результаты приборных измерений давления и расхода
3. выполнение регламентных работ
4. наличие аварийных ситуаций
5. режим работы насосных агрегатов на насосных станциях

На основании анализа ситуации система выдает рекомендации оперативному персоналу.

Количество приборов контроля расхода и давления значительно превышает приборный парк приборов контроля качества питьевой воды. Поэтому большее внимание следует уделить созданию системы контроля и прогноза изменению качества услуги водоснабжения, выстраивая алгоритмы на основании показаний расходомеров и датчиков давления. Аналогично показателю «мутность» для каждого технологического места установки расходомера и манометра определяются критичные параметры. При заданном критичном отклонении от нормы система должна выдавать аварийные сигналы оператору о возможных зонах ухудшения всех трех параметров услуги.

На основании вышесказанного объекты Водоканала Санкт-Петербурга имеют инструментальную базу для создания системы усовершенствованного управления услугой на основе искусственного интеллекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технологический регламент производства питьевой воды на Волковской водопроводной станции. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 2015 г.
2. Методология нормирования химических реагентов. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 2013 г.
3. Программа разработки и внедрения пилотного проекта «Автоматизированная система управления качеством воды на водопроводных станциях ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга". ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 2016 г.