

Рис. 4. Аппроксимация показаний с датчика расхода F110401, для получения регрессионной зависимости

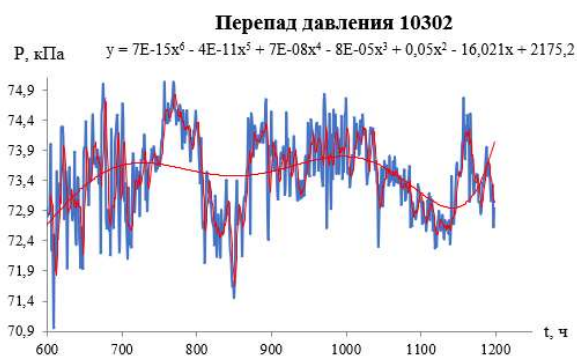


Рис. 5. Аппроксимация показаний с датчика перепада давления PDI10302, для получения регрессионной зависимости

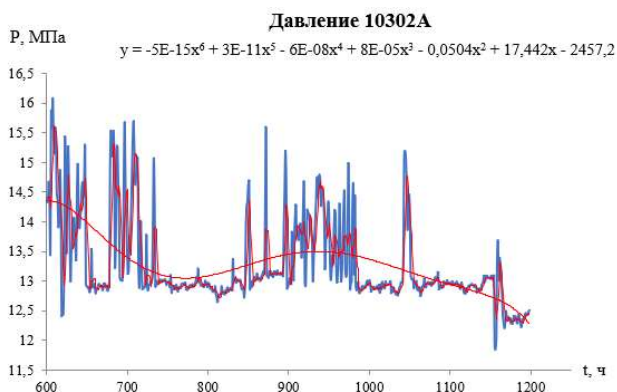


Рис. 6. Аппроксимация показаний с датчика давления P110302A, для получения регрессионной зависимости

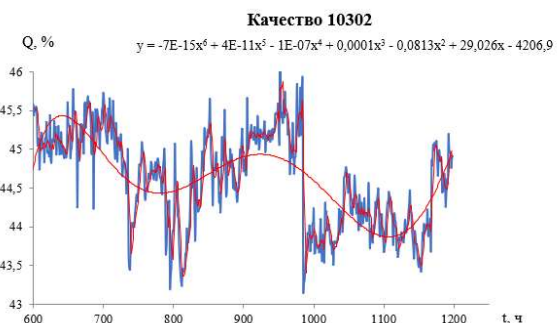


Рис. 7. Аппроксимация показаний с датчика качества QI10302, для получения регрессионной зависимости

Разработка виртуальных анализаторов произведена с помощью программного обеспечения

Excel, Honeywell Profit SensorPro, демонстрационная версия которого представлена компанией на безвозмездной основе для демонстрации широких возможностей программы.

Profit Suite обеспечивает недорогой, высокопроизводительный процесс мониторинга и улучшения управления и оптимизации производства с меньшей зависимостью от лаборатории на основе анализов ВА.

Данные для программы Profit SensorPro приходят из различных ресурсов и источников. Эти источники данных включают в себя Experion PKS (PCU установки изомеризации), Excel, текстовый файл, и т.д.

Динамические модели, используемые для прогнозирования будущего поведения объекта, строятся на основе данных активного эксперимента, в ходе которого на ТП в соответствии с заранее утвержденным планом подаются специальных пробные ступенчатые воздействия. Эти ступенчатые воздействия иногда называют шагами, а весь процесс – соответственно, пошаговым тестированием[9].

По отклику объекта на ступенчатые воздействия определяются зависимости контролируемых переменных (CV) от управляющих (MV) и наблюдаемых внешних (DV). (Следует отметить, что DV, в отличие от MV, далеко не всегда удается протестировать, поскольку некоторые из них неподвластны операторам – в подобных случаях модели строят по историческим данным).

В ходе моделирования проигрывались наиболее распространенные сценарии, встречающиеся во время эксплуатации объекта: изменение загрузки установки, изменения заданий по качеству выпускаемой продукции, типичные внешние возмущения и т.д. На этом же этапе проводят первичную настройку многопараметрических контроллеров.

После ввода системы в действие проводят ее приемочные испытания.

В ходе испытания проверяют, как многопараметрические контроллеры решают задачи управления и оптимизации, сформулированные в проекте, уточненные в эскизном и детальном проектах и отработанные в ходе офисных испытаний. Все выявленные недостатки протоколируются и оперативно устраняются путем подстройки контроллеров. По завершении испытаний система принимается в опытную эксплуатацию, продолжительность которой составляет от одного до полутора месяца. В этот период операторы и технологи углубляют приобретенные ранее навыки работы с системой, подрядчиком и группой сопровождения проводятся мониторинг ее работы, фиксируются и анализируются все факты неадекватного поведения, а также собираются данные для проведения постпроектного аудита. По завершении опытного периода и устранения

выявленных недостатков система принимается в промышленную эксплуатацию.

Методология APC - проекта предусматривает разработку и внедрение виртуальных анализаторов (ВА) показателей качества на ранних этапах работы. Это делается с целью максимальной «наработки» по времени ВА до момента ввода APC - системы в эксплуатацию при условии проведения различного рода тестов и проверок качества работы ВА.

Разработка виртуальных анализаторов произведена с помощью программного обеспечения Honeywell Profit SensorPro, демонстрационная версия которого представлена компанией на безвозмездной основе для демонстрации широких возможностей программы.

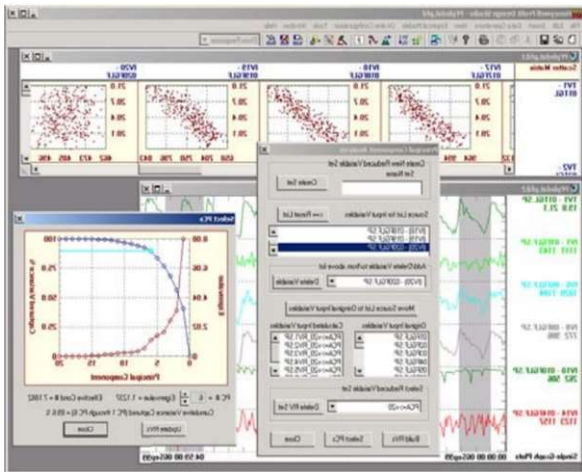


Рис. 8. Результат построения ВА в Profit SensorPro

Программное обеспечение Profit Sensor Pro производит анализ данных и является средством для создания надежных моделей для прогнозирования хода технологического процесса. Также организует онлайн приложжения, программных средств, виртуальных анализаторов, датчиков.

Profit Suite обеспечивает недорогой, высокопроизводительный процесс мониторинга и улучшения управления и оптимизации производства с меньшей зависимостью от лаборатории на основе анализов ВА.

Данные для программы Profit SensorPro приходят из различных ресурсов и источников. Эти источники данных включают в себя: Experion PKS (PCY установки изомеризации), Excel, текстовый файл, и т.д.

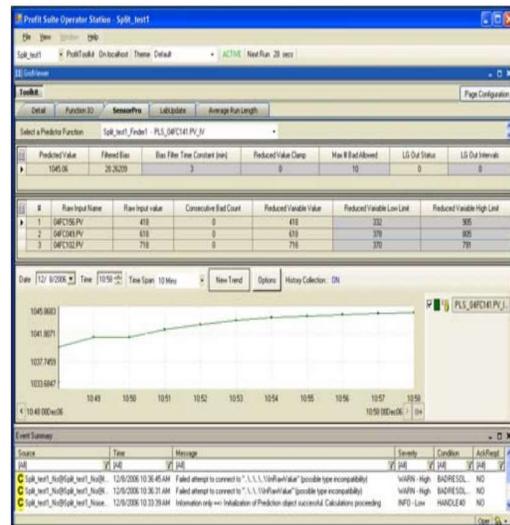


Рис. 9. Результат построения ВА в Profit SensorPro

Программное обеспечение Profit SensorPro может обеспечить построение нелинейных моделей и взаимоотношений между данными технологического процесса методом частных наименьших квадратов (PLS) с поддержкой моделей 2 порядков и выше. Введенные пользователем структура модели поддерживают нелинейного моделирования на основе формы введенного уравнения[10].

Для того чтобы убедиться в корректности построения модели существует встроенный инструмент Uniformance PHD, являющийся частью Profit Suite и выступает как хранилище данных для всего расчета. В результате предсказания модели, также как и последующая корректировка и смещение может быть легко обозначена на графике и существует возможность проследить ход с помощью дополнительного ПО Uniformance.



Рис. 10. Результат наложения данных модели на исторические лабораторные данные из архива трендов датчика позиции Q, качества отбора изомеризата

Ключевые ВА реакторного блока установки изомеризации разработаны и могут быть установлены на APC - сервер перед процедурой основного тестирования установки.

Большинство моделей удалось с приемлемой точностью аппроксимировать линейными регрессиями по методу взвешенных наименьших

квадратов; для трех моделей (по дизельным фракциям) применен более сложный нелинейный метод частных наименьших квадратов.

Эти ВА можно назвать предварительными или пробными. Они разработаны на основе исторических данных процесса, лабораторного контроля и результатов идентификации моделей ВА с использованием данных строгой математической модели установки.

Ниже, в качестве примера, представлены характеристики нескольких основных разработанных ВА. По ходу проекта модели ВА должны корректироваться.

Таблица 2 – Качество изомеризата

Тэг	Название ВА
Q izomerizat	Качество изомеризата R - 101
Регрессионное уравнение	Примечание
$= 39.05 + 0.404 * TT10302 + 0.36 * TT10407 - 13.17 * LT10403 + 0.105 * TT10408 - 3.61 * PDT10302$	Регрессия данных лабораторного контроля
Входные сигналы (PV)	Описание параметра
TT10302	Температура в верхней части R-101
TT10407	Температура после X-101A
LT10403	Уровень в C-101
TT10408	Температура на после X – 101B
PDT10302	Перепад давления до и после R - 101

Таблица 3 – Температура изомеризата на входе в C -101

Тэг	Название ВА
IZOM-KDF_IBP	Температура изомеризата
Регрессионное уравнение	Примечание
$= -0.89 - 29.9 * PT10401 + 0.91 * TT10401$	Регрессия данных лабораторного контроля
Входные сигналы (PV)	Описание параметра
PT10401	Давление в C – 101
TT10401	Температура в трубопроводе на входе в C-101

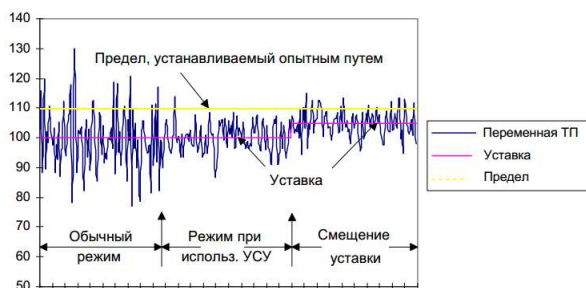


Рис. 10. Сравнение кривых уставок, предела и переменных ТП

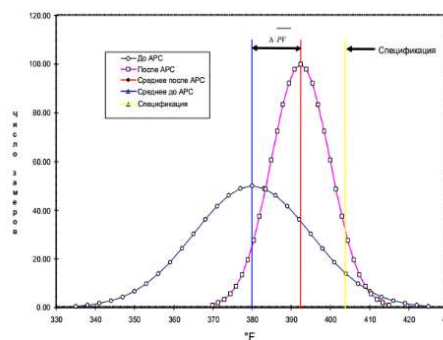


Рис. 11. Среднее значение и стандартное отклонение до и после внедрения APC

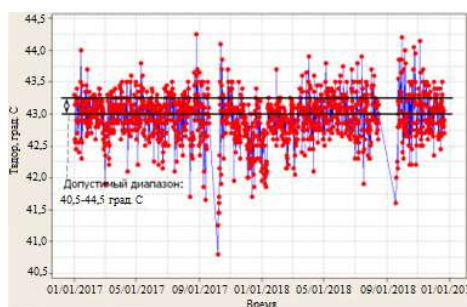


Рис. 12. Статистические показатели температуры изомеризата на входе в C-101

Статистические характеристики данного показателя качества за базовый период: Среднее значение: 43 °С. Среднеквадратичное отклонение: 1,5 °С.

Виртуальные анализаторы параметров показателей качества в процессе предварительного тестирования помимо базовой настройки подвергаются корректировке по индивидуальным для каждого технологического процесса параметрам непосредственно в режиме реального времени. Базовый шаблон ВА для определённого технологического режима подстраивается путём ввода данных лабораторного контроля по ключевым параметрам. Система настройки PSOS приняв заданные корректировки рассчитывает необходимую поправку и вносит изменения в математическую модель ВА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была продемонстрирована разработка виртуальных анализаторов качества системы усовершенствованного управления технологическим процессом. По результатам наложения данных модели на исторические лабораторные данные трендов, можно сделать вывод, что при внедрении системы усовершенствованного управления, происходит более точное и качественное регулирование технологического процесса, что позволяет увеличить качества получаемой продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бахтизин, Р.Н. Разработка системы автоматизированного управления техническим состоянием технологического оборудования нефтегазовых производств / Р.Н. Бахтизин, Э.М. Баширова, И.С. Миронова // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2011. – № 4. – С. 13–21.
2. Верекин, А.П. Усовершенствованное управление (АРС) нефтехимическим производством на основе многоуровневой нейросетевой системы поддержки принятия решений / А.П. Верекин, М.С. Слетнёв // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 10, № 2. – С. 41-52.
3. Верекин, А.П. Когнитивные модели в системах искусственного интеллекта: цели и методы построения / А.П. Верекин // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. – С. 151-160.
4. Леоненков А.В. Математическое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – Спб.: Питер, 2007. – 286 с.
5. Мироненко Я.В. Принцип построения нечеткой экспертной системы для обработки результатов диагностики высоковольтного оборудования посредством метода регистрации частичных разрядов / Я.В. Мироненко, В.А. Шахнин / Автоматизация и IT в энергетике. – 2013. – № 4 (45). – С. 17–22.
6. Технологический регламент завода «НПЗ».
7. Фролов, Е.Б. MES-системы как они есть или эволюция систем планирования производства / Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин. – М.: Вестник, 2006. – 191 с.
8. Фролов, Е.Б. MES-системы: оперативный функционально-стоимостной анализ для нужд производственного предприятия / Е.Б. Фролов. – М.: Вестник, 2005. – 117 с.
9. Фролов, Е.Б. Оперативно-календарное планирование и диспетчирование в MES-системах / Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин. – М.: Вестник, 2008. – 137 с.
10. Фролов, Е.Б. Производственные исполнительные системы MES: реальная эффективность / Е.Б. Фролов. – М.: Вестник, 2005. – 227 с.

Никитин Дмитрий Александрович – студент, бакалавр, Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал) ФГБОУ ВО УГНТУ, тел. 8(34763)25729, e-mail: nikitinanina1941@yandex.ru.

Цыбин Дмитрий Евгеньевич – студент, бакалавр, Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал) ФГБОУ ВО УГНТУ, тел. 8(34763)25729, e-mail: operationflashpoint96@gmail.com.

Хафизов Алик Мусаевич – доцент, к.т.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал) ФГБОУ ВО УГНТУ.

Сафин Эльдар Маратович – доцент, к.ф.-м.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал) ФГБОУ ВО УГНТУ.

Юсупова Ильвина Гамировна – доцент, к.т.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал) ФГБОУ ВО УГНТУ

DEVELOPMENT OF VIRTUAL QUALITY ANALYZERS FOR THE ADVANCED PROCESS CONTROL SYSTEM OF THE REACTOR UNIT OF THE PENTANE HEXANE POLYMERIZATION UNIT

D.A. Nikitin, D.E. Tsybin, A.M. Khafizov, I.G. Yusupova, E.M. Safin

Branch of Ufa State Petroleum Technical University, Salavat

This article discusses the development of virtual quality analyzers for the advanced process control system of the reactor unit of the pentane hexane isomerization unit. For this purpose, auxiliary calculations were made, mathematical models were built, and virtual quality analyzers were implemented in the software product. The characteristics of the developed virtual quality analyzers and the results of preliminary construction of virtual analyzers in the Honeywell software are demonstrated. Step-by-step testing, construction and debugging of dynamic models, configuration of basic regulation are given.

Keywords: virtual analyzers, mathematical model, dynamic model.

REFERENCES

1. Bakhtizin, R.N. Development of a system for automated control of the technical condition of technological equipment of oil and gas production / R.N. Bakhtizin, E. M. Bashirova, I. S. Mironova // Transport and storage of petroleum products and hydrocarbon raw materials. – 2011. – No. 4. – P. 13-21.
2. Verevkin, A. P. Advanced control (APC) petrochemical-based multi-level neural network system to support decision-making / A. P. Verevkin, M. S. Letnev // Neftegazovoe Delo. – 2012. – № 10, № 2. – S. 41-52.
3. Verevkin, A. P. Cognitive models in systems of artificial intelligence: the goals and methods of constructing / A. P. Verevkin // Integration of science and education in oil and gas universities. - Ufa: USNTU Publishing House, 2016. - pp. 151-160.
4. Leonenkov A.V. Mathematical modeling in MATLAB and fuzzyTECH. - St. Petersburg: Piter, 2007. - 286 p
5. Mironenko Ya. V. The principle of constructing a fuzzy expert system for processing the results of diagnostics of high-voltage equipment.
6. Technological regulations of the refinery plant.
7. Frolov, E. B. MES-systems as they are or the evolution of production planning systems / E. B. Frolov, R. R. Zagidullin. - Moscow: Vestnik, 2006 – - 191 p.
8. Frolov, E. B. MES-systems: operational functional and cost analysis for the needs of a production enterprise / E. B. Frolov. - M.: Vestnik, 2005 – 117 p.
9. Frolov, E. B. Operational scheduling and dispatching in the MES-systems / E. B. Frolov, R. R. Zagidullin. – M. : Bulletin, 2008. – 137 p.
10. Frolov, E. B. Manufacturing execution systems MES: real efficiency / E. B. Frolov. – M. : Bulletin, 2005. – 227 p.

Nikitin Dmitry Aleksandrovich - student, bachelor, Ufa State Petroleum Technical University (branch), tel. 8 (34763) 25729, e-mail: nikitinanina1941@yandex.ru.

Tsybin Dmitry Evgenievich - student, bachelor, Ufa State Petroleum Technical University (branch), tel. 8 (34763) 25729, e-mail: operationflashpoint96@gmail.com.

Safin Eldar Maratovich - Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Ufa State Petroleum Technical University (branch).

Khafizov Alik Musaevich - Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Ufa State Petroleum Technical University (branch).

Yusupova Ilvina Gamirovna - Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Ufa State Petroleum Technical University (branch).