

## АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И ХИМИЧЕСКИХ ЗАВОДАХ

Кадыров Р.Р.<sup>1</sup>, Масаков Е.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>К.т.н., доцент кафедры «Автоматизированные технологические и информационные системы», ИХТИФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке, [r\\_kadyrov@mail.ru](mailto:r_kadyrov@mail.ru)

<sup>2</sup>магистр кафедры «Автоматизированные технологические и информационные системы», ИХТИФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке, [e.masakov@mail.ru](mailto:e.masakov@mail.ru)

**Аннотация.** В работе рассматривается актуальность внедрения усовершенствованного управления технологическими процессами на нефтеперерабатывающих и химических заводах ввиду увеличения экономической эффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

В стране и в мире наблюдается постоянный рост продуктов нефтепереработки и химии. Автоматизация и управление технологическими процессами играют ключевую роль на промышленных предприятиях, действительно, они позволяют повысить качество продукции, эффективность установок, безопасность и надежность процессов.

**Ключевые слова:** усовершенствование, технологическое управление производством, АРС (Усовершенствованное управление технологическими процессами), МРС (Управление прогнозными моделями), статистический контроль технологических процессов (SPC).

## НЕФТИНИ КАЙРА ИШТЕТҮҮЧҮ ЖАНА ХИМИЯЛЫК ЗАВОДДОРДО ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ПРОЦЕССТЕРДИ ӨРКҮНДӨТҮЛГӨН БАШКАРУУНУ КИРГИЗҮҮНҮН АКТУАЛДУУЛУГУ

Кадыров Р.Р.<sup>1</sup>, Масаков Е.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Техника илимдеринин кандидаты, "автоматташтырылган технологиялык жана маалыматтык системалар" кафедрасынын доценти, стерлинг шаарындагы "Уфима мамлекеттик мунай техникалык университети" ИХТИФГБОУ ВО Россия Федерациясы, г. Стерлитамак, [r\\_kadyrov@mail.ru](mailto:r_kadyrov@mail.ru)

<sup>2</sup>"Автоматташтырылган технологиялык жана маалыматтык системалар" кафедрасынын Студент-магистри, стерлинг шаарындагы "Уфима Мамлекеттик мунайзат техникалык университети" ИХТИФГБОУ во Россия Федерациясы, Стерлитамак, [e.masakov@mail.ru](mailto:e.masakov@mail.ru)

**Жыйынтык.** Иште экономикалык натыйжалуулуктун жогорулашынан жана айлана-чөйрөгө терс таасирдин азайышынан улам мунайды кайра иштетүүчү жана химиялык заводдордо технологиялык процесстерди өркүндөтүлгөн башкарууну киргизүүнүн актуалдуулугу каралат.

Өлкөдө жана дүйнөдө кайра иштетилген продукциянын жана химиянын туруктуу өсүшү байкалууда. Автоматташтыруу жана процесстерди башкаруу өнөр жай ишканаларында негизги ролду ойнойт, чындыгында алар продукциянын сапатын, өсүмдүктөрдүн натыйжалуулугун, процесстердин коопсуздугун жана ишенимдүүлүгүн жогорулатууга мүмкүндүк берет.

*Негизги сөздөр: жакшыртуу, технологиялык өндүрүштү башкаруу, APC (Өркүндөтүлгөн технологиялык процессти башкаруу), MPC (Болжолдуу моделдерди башкаруу), технологиялык процесстерди статистикалык башкаруу (SPC).*

## **THE RELEVANCE INTRODUCTION OF ADVANCED PROCESS CONTROL AT OIL REFINERIES AND CHEMICAL PLANTS**

**Kadyrov R.R.<sup>1</sup>, Masakov E.M.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automated Technological and Information Systems, Ufa State Petroleum Technical University in Sterlitamak, [r\\_kadyrov@mail.ru](mailto:r_kadyrov@mail.ru)*

*<sup>2</sup>Master student of the Department "Automated Technological and Information Systems", the Ufa State Petroleum Technical University in Sterlitamak Russian Federation, Sterlitamak, [e.masakov@mail.ru](mailto:e.masakov@mail.ru)*

**Annotation.** *The paper discusses the relevance of introducing improved process control at oil refineries and chemical plants due to increased economic efficiency and reduced negative environmental impact.*

*In the country and in the world, there is a constant increase in oil refining and chemical products. Automation and process control play a key role in industrial plants, indeed, they improve product quality, plant efficiency, process safety and reliability.*

**Key words:** *improvement, process control, APC (Advanced Process Control), MPC (Predictive Model Control), Statistical Process Control (SPC).*

**Введение.** Разработка усовершенствованной системы управления технологическими процессами на нефтеперерабатывающих и химических заводах позволяет увеличить экономическую эффективность, а так же уменьшает негативное воздействие на окружающую среду.

В данной статье рассматривается актуальность внедрения усовершенствованного управления технологическими процессами на нефтеперерабатывающих и химических заводах, а также ее теоретическое обоснование.

**Постановка проблемы и задачи.** Использование передовых методов управления может увеличить маржу прибыли завода на 10-20% и сократить выбросы примерно на 70%. Поэтому в последнее время значительное внимание приковано к APC (Advanced Process Control) и MPC (Model Predictive Control).

**Предлагаемое решение и теоретическое обоснование.** Можно выделить пять уровней зрелости для нефтеперерабатывающего и химического завода в зависимости от уровня управления, от нулевого уровня, когда моделирование процесса не используется, до четвертого уровня, когда несколько моделей представлены в одной технологической схеме, и инженеры могут принимать решения, контролируя ключевые параметры. Завод обычно работает в зоне безопасности, называемой «зоной комфорта», вдали от пределов ограничения. С помощью PID-оптимизации и APC можно уменьшить от трех до десяти раз амплитуду колебаний, работающих вблизи пределов ограничения, и повысить производительность и рентабельность.

APC включает в себя все программное обеспечение, которое позволяет контролировать критические переменные и прогнозировать качество в режиме реального времени, такие как:

1) Статистическое управление технологическими процессами (SPC), использующее случайную выборку и статистический анализ для выявления причин вне процесса, которые изменили качество продукта. Этот метод используется особенно для производственных линий, но он также хорошо подходит для процесса, где выход может быть измерен [1].

2) Run2Run (R2R) широко распространен в полупроводниковой промышленности [2], но он может быть применен также к периодическим процессам, таким как химическое осаждение из паровой фазы или пакетные химические реакторы. Качество продукта оценивается в конце прогона, а уставки меняются между двумя последовательными прогонами. Поэтому этот контроль используется, когда не хватает онлайн-измерений интересующих продуктов.

3) Модель прогнозного управления (MPC).

Существует пример реализации APC для процесса смазки маслом. Система состоит из 12 управляемых переменных, 28 управляемых переменных и 11 прямых элементов управления. С помощью программного обеспечения Pitops, разработанного Pi Control, завод увеличил скорость производства на 5%, сэкономив около 1,3 млн евро. Программное обеспечение действительно выдает параметры системы за 10 минут на основе исторических данных без пошаговых тестов. Другими примерами являются канадская Yara Belle Plaine Inc. и южнокорейская LG Petrochemical Corp. Впервые применены методы APC на заводе азотной кислоты, снижающие выбросы метана на 25% при поддержании высокой температуры сгорания. В то время как последний, примененный к крекингу нефти, позволяет повысить выход на 5%, снизить потребление энергии в холодной стороне на 8% и сэкономить 100.000 \$/год [24].

Предшественником MPC является LQG (Linear Quadratic Gaussian), разработанный Калманом в 1960-х годах, но первое поколение MPC появилось в 1970-х годах с IDCOM (разработанным в ADERSA) и DMC (разработанным в Shell Oil). Сегодня мы достигли пятого поколения, где Honeywell, AspenTech и Shell доминируют на рынках [3]. MPC подходит для описания поведения процессов МИМО (Multi-Input, Multi-Output).

Классическое управление заводом предусматривает различные иерархические уровни [4]: общезаводская оптимизация, локальный экономический оптимизатор и динамическое управление ограничениями. Обычно это делается несколькими ПИД-регуляторами lead-lag (L/L) блоков и high/low select logic. С помощью MPC это может быть достигнуто с лучшими результатами.

**Закключение.** Автоматизированное управление технологическими процессами очень распространено на нефтеперерабатывающих и химических заводах. Впервые оно было использовано в 1920-1930-х годах и сегодня необходимо для обеспечения качества продукции, безопасности и надежности процессов. Несмотря на прогресс технологий, 85-95% контуров управления с обратной связью основаны на ПИД-контроллерах, а основные элементы управления системой датируются 1985 годом. Учитывая такое положение дел «умное управление» на химических и нефтехимических заводах может сыграть ключевую роль в снижении затрат, увеличении прибыли и создании более безопасных заводов. Текущая оценка предусматривает, что рентабельность завода может увеличиться примерно на 10-20%, а выбросы могут снизиться примерно на 70%.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. **Mehta, B.R. & Reddy, Y.J.** (2014). *Industrial process automation systems: Design and implementation*.22
2. **Moyné, James.** (2014). *Run-to-Run Control in Semiconductor Manufacturing*. 10.1007/978-1-4471-5102-9\_255-1.23
3. **Lahiri, Sandip.** (2017). *Historical Development of Different MPC Technology*. 10.1002/9781119243434.ch3.25
4. **Qin, Joe & Badgwell, Thomas.** (2003). *A Survey of Industrial Model Predictive Control Technology*. *Control engineering practice*. 11. 733-764. 10.1016/S0967-0661(02)00186-7.26
5. **Работников, М. А.** *Техническое проектирование системы усовершенствованного управления каталитическим риформингом / М. А. Работников, И. А. Вялых, А. М. Немтин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2019. – № 30. – С. 119-132.*
6. **Слетнев, М. С.** *Усовершенствованное управление (APC) нефтехимическим производством на основе многоуровневой нейросетевой системы поддержки принятия решений / М. С. Слетнев, А. П. Веревкин // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. – 2012. – № 13. – С. 81-84.*
7. *Реализация системы усовершенствованного управления производства этиленпропилена на базе YOKOGAWA Centum VP / Е. В. Сиротина, Е. В. Шварев, К. А. Крышко [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 6(34). – С. 163-166.*
8. **Работников, М. А.** *Модернизация системы усовершенствованного управления установки ректификации стирола / М. А. Работников, А. В. Тихомиров, И. А. Вялых // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2020. – № 3. – С. 82-94. – DOI 10.15593/2224-9400/2020.3.06.*
9. **Хромов, Д. А.** *Система усовершенствованного управления блока фракционирования установки гидрокрекинга / Д. А. Хромов, Т. С. Камалиев, А. В. Долганов // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 5. – С. 174-177.*
10. **Колодин А. А.** *Разработка и исследование регулятора на основе прогнозирующей модели / А. А. Колодин, В. В. Елиин // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2021. – Т. 29. – № 1(69). – С. 36-45. – DOI 10.14498/tech.2021.1.3.*
11. **Camacho E.F., Bordons C.** *Model Predictive Control in the Process Industry // In: Advances in Industrial Control. – Springer Verlag, 1995. – 239 p.*