

УДК 532.54

УФИМЦЕВ А.В., студент гр. 8Т11 (ТПУ)
Научный руководитель ФИЛИПАС А.А., к.т.н., доцент (ТПУ)
г. Томск

БЕРЕЖЛИВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Введение. Нефтехимическая промышленность, будучи одним из важнейших секторов мировой экономики, играет ключевую роль в производстве широкого спектра материалов, начиная от пластмасс и заканчивая фармацевтическими препаратами [1,2]. Однако сегодня эта отрасль сталкивается с растущими вызовами, включая волатильность цен на сырьё, ужесточение экологических стандартов и усиление конкуренции. В таких условиях нефтехимическим предприятиям необходимо внедрять инновационные методы управления производством, чтобы обеспечить устойчивый рост и конкурентоспособность. Бережливые технологии и автоматизация — это два мощных инструмента, которые при интеграции могут привести к значительному повышению эффективности, безопасности и экологической устойчивости производства [3]. Целью данной статьи является анализ преимуществ и вызовов, связанных с внедрением этих технологий в нефтехимической отрасли, а также изучение перспектив их дальнейшего развития.

Разработанное решение. Первым этапом решения проблемы стала диагностика проблемного участка, для которого методы математического анализа, основанные на лабораторных данных о качестве продукции, помогли определить проблемную область в работе ректификационной колонны. Результаты регрессионного математического анализа представлены на рис. 1.

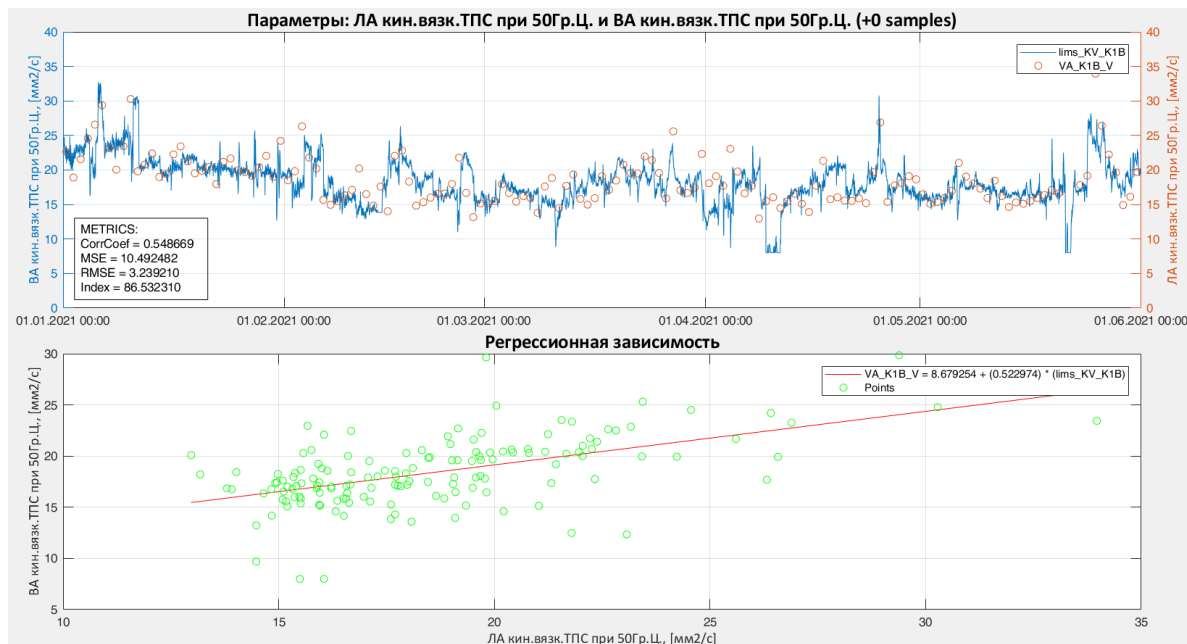


Рисунок 1. Зависимость кинематической вязкости кубового продукта колонны водно-масляной промывки СУГ от температуры

Из представленных графиков видно, что со временем значения кинематической вязкости кубового продукта ректификационной колонны заметно возросли. Это обстоятельство приводит к неоптимальным рабочим параметрам и, как следствие, к снижению выхода конечного продукта. Данный процесс представляет собой один из видов потерь, которые бережливое производство стремится устранить.

Ключевой задачей при проектировании усовершенствованной системы управления технологическими процессами газоразделения является построение модели, отражающей взаимосвязи между переменными, участвующими в процессе газоразделения [4]. Для этого необходимо построить динамические модели, описывающие влияние управляемых переменных (MV) технологического процесса на контролируемые переменные (CV) с учетом возмущающих воздействий (DV). Каждая динамическая модель отображает влияние параметра MV или DV на параметр CV. Особенностью каждой модели является порядок дифференциального уравнения, описывающего процесс, и значения его коэффициентов. Существует три основных коэффициента, определяющих параметры технологического процесса в контроллере АСУ ТП:

- D (Deadtime) – время запаздывания;
- G (Gain) – коэффициент усиления;
- τ – постоянная времени.

От величины этих коэффициентов, а также от порядка дифференциального уравнения, описывающего влияние переменной MV или DV на CV, зависит эффективность управления технологическим процессом с помощью контроллера СУУТП. В контексте бережливого

подхода оптимизация этих параметров способствует уменьшению изменчивости процесса и устранению потерь.

На рассматриваемом периоде были найдены участки данных, подходящие для идентификации модели [5]. Для решения вышеупомянутой проблемы, согласно регламенту технологического процесса газоразделения, необходимо скорректировать температуру верха колонны. График этого параметра TRC_2_5_2 и управляющее воздействие многопараметрического контроллера DIFF_PRESS_CALC представлены на рис. 2.

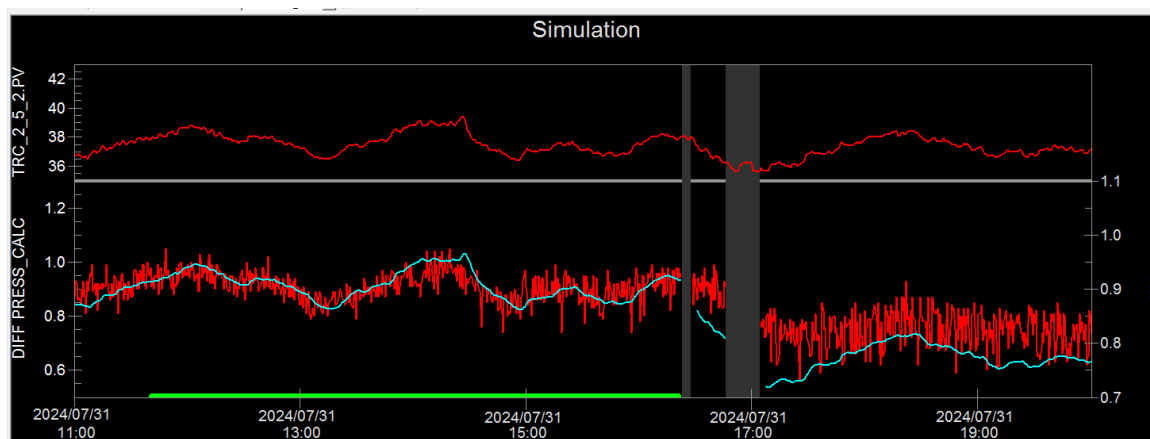


Рисунок 2. Зависимость управляющего воздействия расхода орошения на температуру верха колонны газоразделения

Верхняя красная линия показывает изменения температуры верха колонны во времени, нижняя красная линия — расчётный тег для управления орошением колонны; наконец, синяя линия демонстрирует смоделированное воздействие многопараметрического контроллера на расход орошения [6]. Здесь также важен принцип «точно в срок» — автоматизированная система позволяет подавать орошение именно тогда, когда это необходимо, избегая избыточного расхода.

В целях стабилизации управляющего сигнала, повышения точности и качества смоделированного воздействия, а также снижения уровня шума управляющего сигнала расчётный тег DIFF_PRESS_CALC был заменён на расчётный тег управления на основе теплового потока колонны DIFF_PRESS_CALC_2MIN. В формулу этого тега включены показатели расхода жидкой и паровой фаз, поступающих в верхнюю часть колонны, удельная теплота парообразования и конденсации, материал корпуса и теплопроводность. Такой подход помог стабилизировать процесс, что показано на рис. 3.

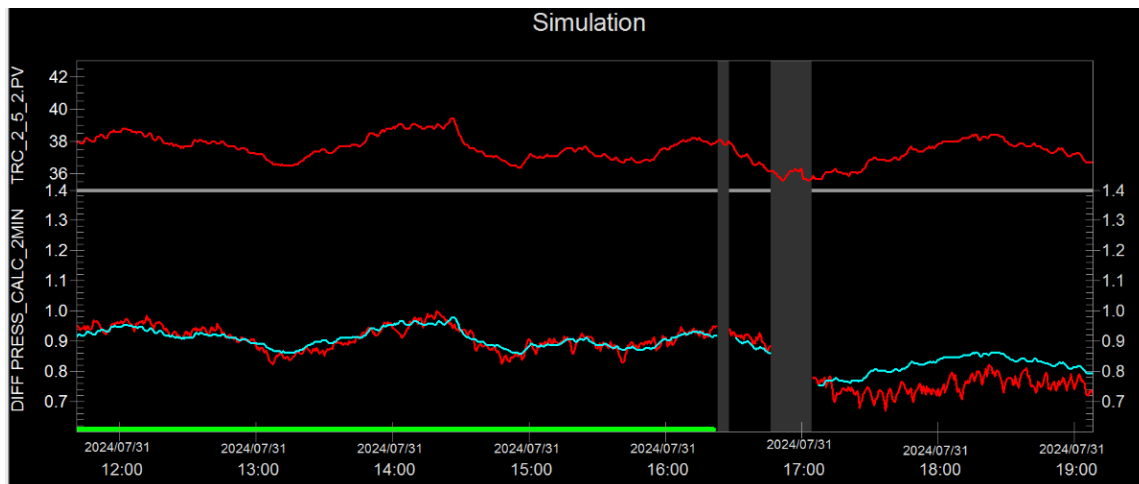


Рисунок 3. Зависимость управляющего воздействия на основе теплового потока на температуру верха колонны газоразделения

Подход к оптимизации технологического процесса, результат которого представлен на рис. 3, является примером реализации принципа Рока Yoke (защита от ошибок). В нём система автоматически корректирует параметры, уменьшая вероятность ошибок, вызванных человеческим фактором. На рис. 4 представлена разработанная модель контроллера СУУТП, включающая в себя основные модели управления и взаимосвязи между всеми типами переменных технологического процесса. Архитектура системы спроектирована таким образом, чтобы стремиться к концепции «потока», устранению узких мест и обеспечению непрерывного движения материала через технологический процесс.

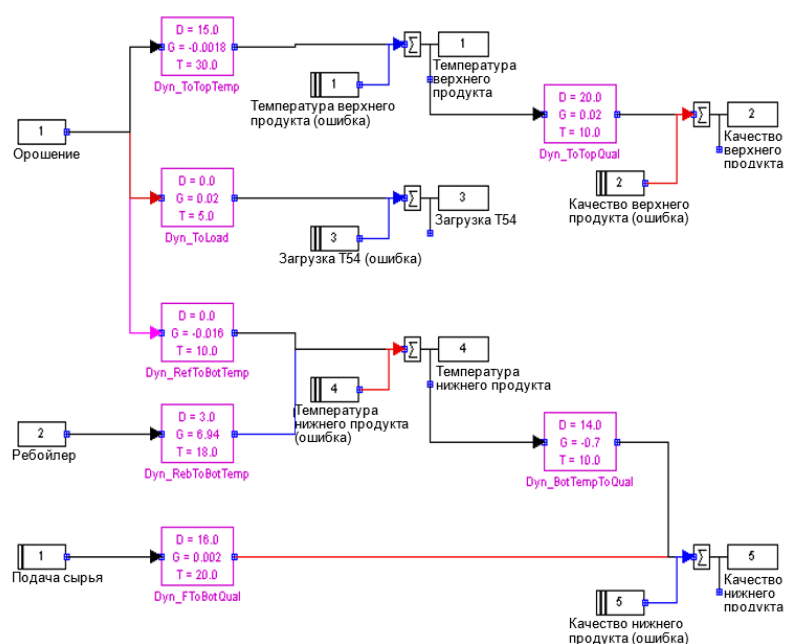


Рисунок 4. Процесс дебутанизации в виде модели контроллера СУУТП

Необходимо отметить, что температуры верхнего и кубового продукта являются промежуточными параметрами, влияющими на качество соответствующих фракций. Программа контроллера СУУТП регулирует эти температуры, в процессе наблюдения позволяя контроллеру прогнозировать влияние температурных возмущений на качество фракций [5]. Это важно, поскольку между средствами воздействия и регулируемыми показателями качества наблюдается значительная задержка. Автоматизированное прогнозирование способствует такому принципу бережливого производства, как «вытягивания». Основой данного принципа является управление производственными процессами посредством потребностей, а не запасов.

Также следует обратить внимание на тот факт, что загрузка тарелки не влияет на остальные выходные сигналы. В данной модели расход сырья является измеряемым возмущением и оказывает непосредственное влияние на качество кубового продукта без учета температуры нижней части. Изменения качества кубового продукта отражают колебания температуры нижней части в зависимости от типа процесса. Тем не менее, в приведенной выше модели нет противоречия, если расход сырья не оказывает существенного влияния на температуру нижней части. Главной целью измеряемого возмущения является прогнозирование изменения качества кубового продукта в зависимости от изменения расхода сырья. Разработанное техническое решение способствует минимизации перепроизводства и оптимизации использования сырья – ключевым принципам бережливого производства.

Заключение. Бережливые технологии вкупе с автоматизацией представляют собой мощный тандем, способный преобразовать нефтехимическую промышленность, повысить ее эффективность, безопасность и устойчивость. Внедрение этих технологий требует значительных усилий и инвестиций, но в долгосрочной перспективе обеспечивает существенные конкурентные преимущества. Интеграция бережливых технологий и автоматизации является не просто желательной, а необходимой для обеспечения устойчивого развития нефтехимических предприятий в условиях динамично развивающегося рынка. Будущее нефтехимической отрасли неразрывно связано с инновациями, и именно сочетание бережливых технологий и автоматизации может стать ключом к успеху в этом направлении.

Список литературы:

1. Марушак, Г. М. [Система автоматического управления процессом ректификации] : пат. RU 2 176 149 С1 / Г. М. Марушак; владелец патента:

- Воронежское открытое акционерное общество “Синтезкаучукпроект”. – Заявл. 2001.01.12 ; Оpubл. 27.11.2001
2. Тучинский, В. Р. Система для автоматического регулирования расхода кубового продукта в процессе ректификации: пат. SU532849A1 / В. Р. Тучинский. – Заявл. 1975.03.24; Оpubл. 25.10.1976.
3. Шумихин А.Г., Мусатов Д.А., Власов С.С., Немтин А.М., Плехов В.Г. Учебно-методическое пособие Система усовершенствованного управления технологическими процессами с использованием пакетов AIDA, RQE, SMOС // Уфимский государственный нефтяной технический университет. – 2021. – С. 95
4. Скорин, В. П. Способ автоматического управления процессом ректификации: пат. SU1268184A1 / В. П. Скорин. – Заявл. 1985.04.15 ; Оpubл. 07.11.1986.
5. Уфимцев А.В. Идентификация динамической модели колонны газоразделения для улучшенного управления технологическим процессом // Известия Томского политехнического университета. Промышленная кибернетика. – 2024. – Т. 2. – № 4. – С. 41–44. DOI: 10.18799/29495407/2024/4/78
6. Т. М. Бекиров, Г. А. Ланчаков. Технология обработки газа и конденсата [Текст] / - М.: Недра, 1999. - 596 с.