

*Д.М. Садриев (РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М.Губкина), Е.С. Баулин (ООО «ЦЦТ»),
А.С. Хохлов (РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М.Губкина)*

Актуализация подмоделей процессов вторичной переработки нефти в модели планирования НПЗ с получением данных от виртуальных анализаторов на примере установки каталитического риформинга

Системы текущего и календарного планирования класса APS находят оптимальный план работы производства на основе математической модели предприятия, включающей подмодели технологических объектов с определенным уровнем агрегирования. Для нахождения оптимального плана работы предлагается поддерживать актуальность этих подмоделей на основе данных от виртуальных анализаторов (ВА). Представлен обзор ВА для процессов первичной переработки нефти и каталитического риформинга, являющихся ключевыми в цепочке получения компонентов товарных бензинов. Предлагается разработка ВА по массовому содержанию нафтенов и удвоенной ароматики в бензиновой фракции атмосферно-вакуумной трубчатой (АВТ) установке с последующим сбором данных от разработанного ВА и от существующего на предприятии ВА по октановому числу риформата для решения задачи актуализации математической подмодели установки каталитического риформинга.

Ключевые слова: виртуальный анализатор, НПЗ, атмосферно-вакуумная трубчатая установка, установка каталитического риформинга, APS-система, календарное планирование, актуализация моделей.

Садриев Дамир Маннурович – аспирант кафедры автоматизации технологических процессов РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М.Губкина, ведущий эксперт департамента развития систем управления производством, ООО «Цифровые технологии и платформы»,

Баулин Евгений Сергеевич – канд. техн. наук, директор по разработкам и исследовательской деятельности ООО «Центр цифровых технологий»,

Хохлов Александр Сергеевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры автоматизации технологических процессов РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М.Губкина, ведущий консультант ООО «Центр цифровых технологий».

Список литературы

1. Калашиников А.А. Метрологический самоконтроль измерительных каналов АЭС на основе алгоритмов рассогласования *Баширицева Н.Ю.* Нефтеперерабатывающий комплекс мира // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18. – № 6. – С. 63–68.
2. Хохлов А.С., Цодиков Ю.М., Баулин Е.С. Оптимизационные модели НПЗ/НХК и средства их поддержки. Учебное пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2015. – 87 с.
3. Y.A.Liu, Ai-Fu Chang, Kiran Pashikanti. Petroleum Refinery Process Modeling: Integrated Optimization Tools and Applications. – Wiley-VCH, 2018. – 581 p.
4. Arjan Vuijssen. Solving Refinery-Planning Problems. – Tilburg university, 2008. – 105 p.
5. Садриев Д.М. Обеспечение работоспособности системы календарного планирования на нефтеперерабатывающем заводе // Автоматизация и информатизация ТЭК. – 2023. – № 4 (597). – С. 23–26.
6. Гурьева Е.М., Кольцов А.Г. Применение виртуальных анализаторов для определения качества нефтепродуктов // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – № 1. – С. 296–301.
7. Petr Kadlec, Bogdan Gabrys, Sibylle Strandt. Data-driven Soft Sensors in the process industry // Computers and Chemical Engineering. – 2009. – vol. 33. – pp. 795–814.
8. Yuchen Jiang, Shen Yin, Jingwei Dong, O. Kaynak. A Review on Soft Sensors for Monitoring, Control, and Optimization of Industrial Processes // IEEE Sensors Journal. – 2021. – vol. 21. – pp. 12868-12881.
9. Nelles O. Nonlinear system identification – From Classical Approaches to Neural Networks Fuzzy Models, and Gaussian Processes. Second Edition – Springer, 2020. – 1233 p.

10. Penaloza E.A., Oliveira V.A., Cruvinel P.E. Soft-sensor approach based on principal components analysis to improve the quality of the application of pesticides in agricultural pest control // International conference on advances in sensors, actuators, metering and sensing-all sensors. – 2018. – vol. 3. – pp. 95–100.
11. Zheng J., Song Z. Semisupervised learning for probabilistic partial least squares regression model and soft sensor application // Journal of Process Control. – 2018. – vol. 64. – pp. 123–131.
12. Дуго Г.Б., Дуго Н.Б., Торгашов А.Ю., Козлов А.В., Самтылова С.А. Структурно-параметрическая идентификация моделей виртуальных анализаторов технологических объектов управления на основе робастной регрессии и информационных критериев // Автоматизация в промышленности. – 2015. – №10. – С. 58–62.
13. Liu Y, Chen J. Integrated soft sensor using just-in-time support vector regression and probabilistic analysis for quality prediction of multi-grade processes // Journal of Process Control. – 2013. – vol. 23. – pp. 793–804.
14. Sun K., Wu X., Xue J., Ma F. Development of a new multilayer perceptron based soft sensor for SO₂ emissions in power plant // Journal of Process Control. – 2019. – vol. 84. – pp. 182–191.
15. Du J., Zhang J., Yang L., Li X., Guo L., Song L. Mechanism Analysis and Self-Adaptive RBFNN Based Hybrid Soft Sensor Model in Energy Production Process: A Case Study // Sensors. – 2022. – vol. 22, issue 4. – 16 p.
16. Song M.J., Kim S., Oh S.H., Jo P.S., Lee J.M. Soft Sensor for Melt Index Prediction Based on Long Short-Term Memory Network // IFAC-PapersOnLine. – 2022. – vol. 55. – № 7. – pp. 857–862.
17. Yew Seng Ng, Rajagopalan Srinivasan. Visual Exploration of Multi-state Operations Using Self-Organizing Map // Computer Aided Chemical Engineering. – 2008. – vol. 25. – pp. 1015–1020.
18. Petr Kadlec, Ratko Grbić, Bogdan Gabrys. Review of adaptation mechanisms for data-driven soft sensors // Computers and chemical engineering. – 2011. – vol. 35. – pp. 1–24.
19. Костенко А.В., Мусаев А.А., Тураносов А.В. Виртуальный анализатор сырьевых потоков // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. – № 1. – С. 1–13.
20. Хохлов А.С., Мишутин Д.Ю., Баулин Е.С. Методологические аспекты реинжиниринга моделей НПЗ/НХК // Автоматизация в промышленности. – 2021. – №8. – С.10-19.
21. Дозорцев В.М., Баулин Е.С., Аносов А.А., Боронин А.Б. Сквозная оптимизация производства: реальная возможность или отдаленная перспектива? // Автоматизация в промышленности. – 2022. – №3. – С. 3–12.

Sadriev D.M., Khokhlov P.V., Baulin E.S. Updating the submodels of oil refining processes in the refinery planning model with data acquisition from soft sensors by the example of a catalytic reforming unit

Advanced planning and scheduling (APS) system generates the optimal production schedule based on the embedded refinery model, which includes submodels of process units with a certain level of aggregation. To find the optimal production plan, it is proposed to update these submodels based on soft sensor readings. The paper reviews soft sensors for the products of crude distillation and catalytic reforming units, the key ones in the gasoline pool. It proposes to develop soft sensors of naphthenes and naphthalenes content in the straight-run naphtha. Their readings along with the ones from the existing soft sensor of the reformate's RON will be further used for updating the catalytic reformer submodel in the refinery APS model.

Keywords: soft sensor, oil refinery, crude distillation unit, catalytic reforming unit, APS system, scheduling, model update.