

DOI: 10.15593/2224-9400/2020.2.09

УДК 65.011.56

А.Ш. Зиануров, И.А. ВялыхПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
КАЛИБРОВОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОТОЧНОГО
АНАЛИЗАТОРА**

На производственных предприятиях особое внимание уделяется к качеству производимой продукции, определяемые экономической эффективностью предприятия. Производство продукции низкого качества ведет к получению несоответствующей продукции, что ведёт к серьезным экономическим потерям. Однако повышение запаса по качеству ведет к перерасходу более дорогостоящих и ценных компонентов сырья, что влечет экономические издержки.

Такая же ситуация складывается при компаундировании товарных бензинов на станции смешения бензина НПЗ. Для определения показателя качества бензина, такого как октановое число, используется поточный NIR анализатор качества, работающий на основе калибровочной модели. Калибровочная модель работает на основе ИК-спектров. Со временем модели устаревают, что ведет к экономическим потерям. Снижение точности результатов измерения поточного анализатора вызвано изменением состава компонентов и как следствие продукта смешения. Для решения данной проблемы производят актуализацию калибровочных моделей. При создании новых калибровочных моделей необходимо собрать и обработать статистические данные, а именно, объединить данные результатов лабораторного контроля с соответствующими данными файл спектра образцов и с данными, полученными в результате измерения поточным NIR анализатором. Процедура обработки не является сложной задачей, но ее выполнение затягивается из-за ручной обработки лабораторных данных и файлов спектра. Для решения этой проблемы в работе предложен алгоритм предварительной обработки данных, основанный на интеграции данных из PI-system.

Разработан новый метод предварительной обработки данных. Данный метод в отличие от существующего метода позволяет сэкономить время, затрачиваемое на ручной ввод данных.

Ключевые слова: база данных; PI-system; калибровочная модель; поточный анализатор.

A.Sh. Zianurov, I.A. Vyalykh

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

DATABASE GENERATION FOR CREATING GAUGE MODELS OF FLOW-LINE ANALYZER

Special attention is paid to the quality of manufactured products at manufacturing enterprises, determined by the economic efficiency of the enterprise. The production of low-quality products leads to the production of non-conforming products, which leads to serious economic losses. However, increasing the stock in quality leads to overspending of more expensive and valuable raw material components, which entails economic costs.

The same situation occurs when compounding commercial gasoline at the gasoline mixing station of the refinery. A flow-line NIR quality analyzer based on a gauge model is used to determine a gasoline quality indicator such as octane number. The gauge model is based on IR spectra. The models become outdated, which leads to economic losses. Update calibration models to solve this problem. It is necessary to collect and process statistical data, namely, when creating new gauge models, it is necessary to collect and process statistical data, namely, to combine the data from laboratory control results with the corresponding data from the sample spectrum file and with the data obtained as a result of measurement with the flow-line NIR analyzer, to combine the data from laboratory control results with the corresponding data from the sample spectrum file and with the data obtained as a result of measurement with the flow-line NIR analyzer. The processing procedure is not a complex task, but it is delayed due to the need to manually enter laboratory data and process spectrum files manually. We offer a preprocessing algorithm based on PI-system data integration.

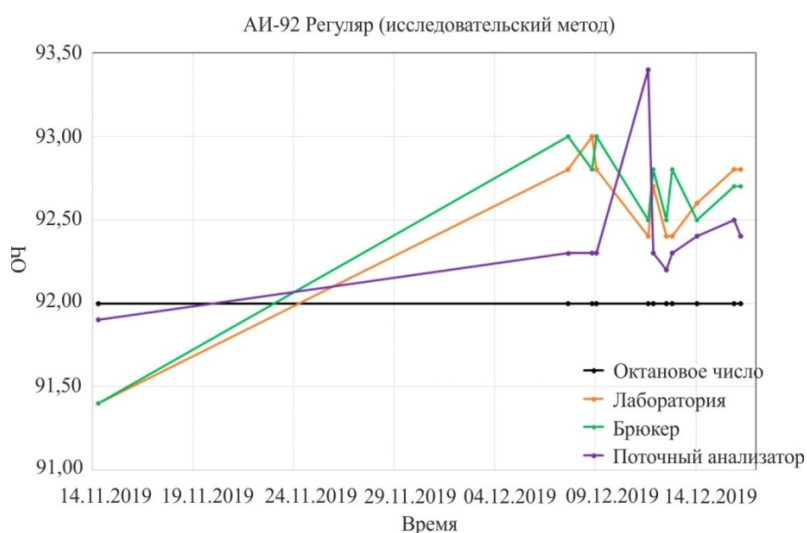
We have developed a new method for pre-processing data. This method allows you to save time spent on manual data entry, unlike the existing method.

Keywords: database; PI-system; gauge model; flow-line analyzer.

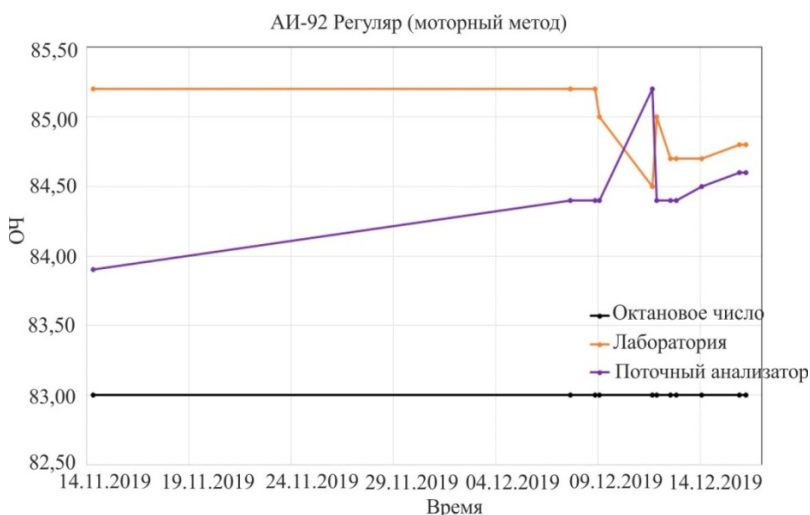
На химических и нефтеперерабатывающих предприятиях предъявляется ряд требований к качеству производимой продукции, определяющему экономическую эффективность предприятия. Низкий запас по качеству производимой продукции повышает вероятность производства брака, что влечет серьезные экономические потери, однако повышение запаса по качеству вызовет перерасход более дорогостоящих и ценных компонентов сырья, что приведет к экономическим издержкам. Такая же ситуация складывается на производстве товарных бензинов, в частности на станции смешения бензина НПЗ. Для определения показателей качества бензина после смешения используется поточный NIR анализатор качества. На основе результатов измерения система управления корректирует рецептуру для обеспечения производства бензина заданного качества [11]. Поточный анализатор рассчитывает показатели качества

продукции, такие как октановое число, на основании калибровочной модели, которая работает на основе ИК-спектров.

Рассмотрим производство автомобильного бензина марки АИ-92 Регуляр. На рис. 1 представлены результаты контроля показателей качества смешиваемого бензина, такие как октановое число, по исследовательскому и моторному методу полученные в результате смешений за две недели.



а



б

Рис. 1. Результаты контроля октанового числа по исследовательскому (а) и моторному (б) методу

На графике черной линией показано ограничение снизу на октановое число бензина после компаундирования, оранжевым – данные, полученные в результате лабораторного контроля, фиолетовым – результат измерения поточного анализатора, зеленым цветом – данные, полученные с лабораторного анализатора Bruker, который позволяет определить показатели качества продукции за короткое время по сравнению с лабораторным анализом проб по методике ГОСТ [10, 12, 13].

Как видно из приведенных графиков, результаты лабораторного контроля и результаты измерений поточного анализатора различаются. Для сравнения определим числовые характеристики величины октанового числа:

- дисперсию величины октанового числа по формуле

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{лаб } i})^2}{n-1}, \quad (1)$$

где n – количество измерений; $x_{\text{лаб } i}$ – значение ОЧ по методике ГОСТ n измерений; x_i – значение i -й величины октанового числа поточного анализатора;

- среднеквадратичное отклонение величины октанового числа по формуле

$$\sigma = \sqrt{D}; \quad (2)$$

- абсолютное максимальное отклонение по формуле

$$\Delta x_{\text{max}} = \max(x_i - x_{\text{лаб } i}). \quad (3)$$

Результаты расчета числовых характеристик величины октанового числа представлены в таблице.

Числовые характеристики величины
октанового числа

Числовая характеристика	Лабораторный анализ			Поточный анализатор	
	MON	RON	Bruker (RON)	MON	RON
Дисперсия, D	0,02	0,06	0,06	0,03	0,04
СКО, σ	0,19	0,59	0,61	0,29	0,43
Δx_{max}	0,31	0,45	0,39	0,73	1,01

Снижение точности результатов измерения поточного анализатора вызвано изменением состава компонентов и, как следствие, продукта смешения. Повышение точности измерения можно обеспечить периодической перекалибровкой моделей поточного анализатора или созданием базы калибровочных моделей при работе станции смешения на различных видах компонентов смешения и выбирать соответствующие модели для измерения [14]. Неточность калибровочных моделей ведет к выпуску бракованной продукции или перерасходу дорогостоящих компонентов, которые необходимы для поддержания запаса качества продукции.

При создании новых калибровочных моделей необходимо собрать и обработать статистические данные, а именно: объединить данные результатов лабораторного контроля с соответствующими данными файлов спектра образцов и с данными, полученными в результате измерения поточным анализатором. Все это выполняется вручную [2].

Файлы спектров переименовываются вручную, новое имя присваивается следующим образом: «месяц-год-номер резервуара-номер из системы диспетчеризации – первая буква сорта топлива (R – регуляр, Pr – премиум)» [3]. После ввода данных файлы приобретают расширение *.updated и становятся пригодными для построения модели.

Процесс создания калибровочной модели состоит из 8 этапов:

1. Создание нового проекта.
2. Добавление файлов сканирования в проект.
3. Создание либо импорт скрипта обработки, позволяющий производить обработку данных в определенном диапазоне.
4. Производится коррекция лабораторной информации. Представление лабораторных данных включает в себя таблицу всех значений лабораторных анализов соответствующих данной модели.
5. Отбор данных для построения модели.
6. Компиляция файла данных. Происходит компиляция подмножества данных X (длины волн) и Y (модели) в одну таблицу. Обычно объединение данных является последним шагом моделирования. На этом шаге можно просмотреть данные перед передачей файла в системы многомерного анализа. Если данные сконфигурированы не так, как ожидалось, пользователь может вернуться к предыдущим этапам моделирования. Объединенные данные являются выходным продуктом

проекта, не являются его частью и не сохраняются вместе с проектом. Они должны генерироваться каждый раз при открытии проекта. Данные представляются в виде таблицы, разделенной на две части, и могут быть графически отображены с помощью графического инструмента. На данном этапе можно грубо проверить достоверность данных. Для этого существуют графические инструменты, позволяющие оценить основные статистические показатели: асимметричность, наличие эксцессов, среднее значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение.

7. Расчет регрессионной калибровочной модели, многомерный анализ и проверка модели на адекватность.

8. Обработка полученных файлов калибровочной модели и загрузка в анализатор.

Из алгоритма вытекает проблема сбора статистической информации, и синхронизации данных во времени. Для решения данной проблемы разработан алгоритм предварительной обработки данных (рис. 2).

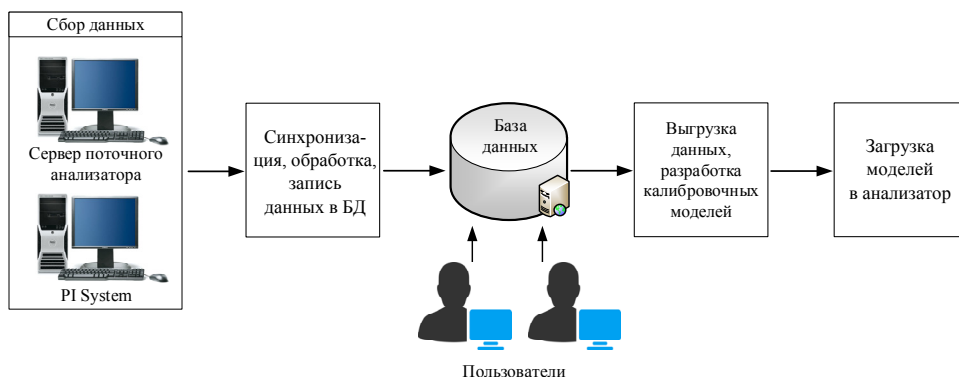


Рис. 2. Алгоритм предварительной обработки данных

Данный метод основан на интеграции данных из PI-system, включающей результаты лабораторного контроля, измерения поточного анализатора, файлы спектров поточного анализатора, синхронизированные во времени [1, 4, 5, 7, 8]. Далее происходит переименование имени файла, как описано выше. На основе полученных данных формируется новая база данных, которая заносится в специализированное программное обеспечение для создания калибровочных моделей поточного анализатора [15]. Данные из PI-system фиксируются в Microsoft SQL Server [9]. Структурная схема сбора информации на НПЗ представлена на рис. 3.

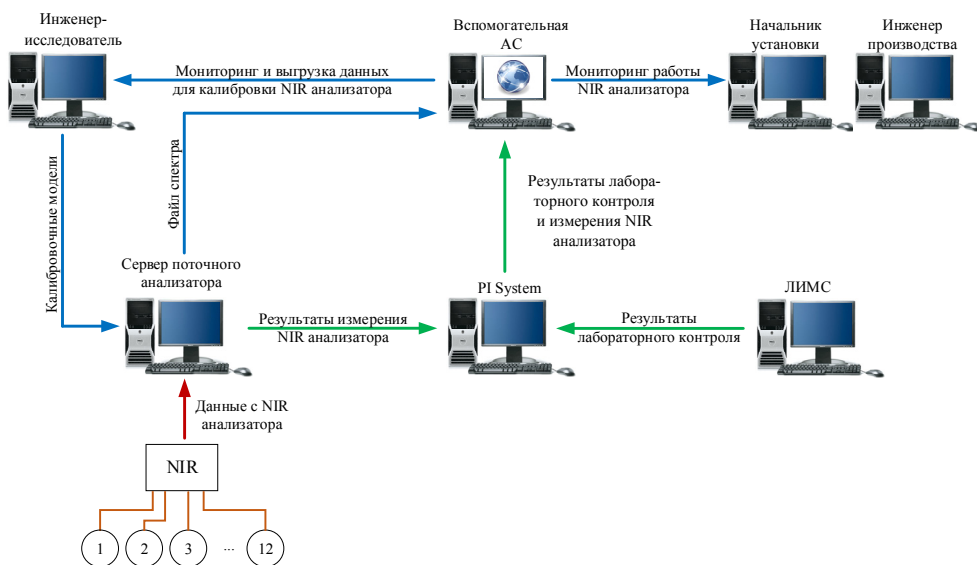


Рис. 3. Структурная схема сбора информации на объекте НПЗ

Таким образом, в отличие от существующего метода предварительной обработки данных предложенный метод позволяет сэкономить время, затрачиваемое на ручной ввод данных [1, 2, 3, 5, 6].

Список литературы

1. Зиануров А.Ш., Вялых И.А., Степанов А.О. Интеграция локальных систем управления в АСУ ТП и АСУП // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика: материалы X междунар. интернет-конф. молодых ученых, асп. и студ. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. – С. 146–150.
2. Примак А.Е., Шумихин А.Г., Сташков С.И. Предварительная обработка данных спектрального анализа в обучающей выборке для создания моделей для поточного анализатора светлых нефтепродуктов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2012. – № 14. – С. 34–43.
3. Примак А.Е., Сташков С.И., Шумихин А.Г. Организация и управление данными спектрофотометрической системы измерения нефтепродуктов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2012. – № 14. – С. 44–57.
4. Промышленная автоматизация ИНДАСОФТ. PI SYSTEM: сайт. – URL: https://www.indusoft.com.ua/products/osisoft/PI_SYSTEM/article/109/ (дата обращения: 20.02.2020).
5. Власов С.А., Вялых И.А. Интеграция информационных систем химико-технологических процессов // Химия. Экология. Урбанистика: материалы

Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, асп., студ. и школ. (с междунар. участием). – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – С. 665–668.

6. Уланов Г.М., Алиев Р.А., Кривошеев В.П. Методы разработки интегрированных АСУ промышленными предприятиями. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.

7. OSIsoft. Операционная аналитика. PI SYSTEM. – URL: <https://www.osisoft.ru/pi-system/> (дата обращения: 20.02.2020).

8. Индасофт. PI system. – URL: https://www.indusoft.ru/products/osisoft/PI_SYSTEM/ (дата обращения: 20.02.2020).

9. Microsoft SQL Server. – URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/sql-server-2019> (дата обращения: 20.02.2020).

10. ГОСТ 32513–2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. – М., 2013. – С. 3–8.

11. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

12. ГОСТ 32339–2013 (ISO 5164:2005). Нефтепродукты. Определение детонационных характеристик моторных топлив. Исследовательский метод. – М., 2013. – С. 5–17.

13. ГОСТ 32340–2013 (ISO 5163:2005). Нефтепродукты. Определение детонационных характеристик моторных и авиационных топлив. Моторный метод. – М., 2013. – С. 3–15.

14. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. – М.: Химия, 1991. – 432 с.

15. Жмакин А.П. Архитектура ЭВМ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 320 с.

References

1. Zianurov A.Sh., Vyalykh I.A., Stepanov A.O. Integratsiia lokal'nykh sistem upravleniia v ASU TP i ASUP [Integration of local control system in PCS and ACS]. *Materialy X Mezhdunarodnoi internet – konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov, studentov «Innovatsionnye tekhnologii: teoriia, instrumenty, praktika»*, Perm', 20 – noiabria – 31 dekabria 2018, PNIPU, 2019, pp. 146-150.

2. Primak A.E., Shumikhin A.G., Stashkov S.I. Predvaritel'naia obrabotka dannykh spektral'nogo analiza v obuchaiushchei vyborke dlia sozdaniia modelei dlia potochnogo analizatora svetlykh nefteproduktov [Preprocessing of spectral analysis data in a training sample to create models for a flow analyzer of light oil products]. *Vestnik PNIPU. Khimicheskaiia tekhnologiia i biotekhnologiia*, 2012, no. 14, pp. 34–43.

3. Primak A. E., Shumikhin A. G., Stashkov S. I. Organizatsiia i upravlenie dannymi spektrofotometricheskoi sistemy izmereniia nefteproduktov [Organization and data management of the spectrophotometric system for measuring petroleum products]. *Vestnik PNIPU. Khimicheskaiia tekhnologiia i biotekhnologiia*, 2012, no. 14, pp. 44–57.

4. INDASOFT industrial automation. PI SYSTEM, available at: https://www.indusoft.com.ua/products/osisoft/PI_SYSTEM/article/109/ (accessed 20 February 2020).

5. Vlasov S.A., Vialykh I.A. Integratsiia informatsionnykh sistem khimiko-tehnologicheskikh protsessov [Integration of information systems of chemical and technological processes]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov, studentov i shkol'nikov (s mezhdunarodnym uchastiem) «Khimiia. Ekologiya. Urbanistika», Perm', 19-20 apreliia 2018, PNIPU, 2018, pp. 655-658.*

6. Ulanov G.M., Aliev R.A., Krivosheev V.P. Metody razrabotki integrirovannykh ASU promyshlennymi predpriiatiiami [Methods development of an integrated automated control system of industrial enterprises]. Moscow, Energoatomizdat, 1983, 320 p.

7. OSIsoft. Operational Analytics. PI SYSTEM, available at: <https://www.osisoft.ru/pi-system/> (accessed 20 February 2020).

8. Indasoft. PI system, available at: https://www.indusoft.ru/products/osisoft/PI_SYSTEM/ (accessed 20 February 2020).

9. Microsoft SQL Server, available at: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/sql-server-2019> (accessed 20 February 2020).

10. GOST 32513-2013 Topliva motornye. Benzin neetilirovannyi. Tekhnicheskie usloviia [Motor Fuels. Unleaded gasoline. Technical conditions], pp. 3-8.

11. Fedorov Iu.N. Spravochnik inzhenera po ASUTP [The reference book of the engineer on the ASUTP: Design and development]. Moscow, Infra-Inzheneriia, 2008, p. 928.

12. GOST 32339-2013 (ISO 5164:2005) Nefteprodukty. Opredelenie detonatsionnykh kharakteristik motornykh topliv. Issledovatel'skii metod [Petroleum Products. Determination of detonation characteristics of motor fuels. Research method], pp. 5-17.

13. GOST 32340-2013 (ISO 5163:2005) Nefteprodukty. Opredelenie detonatsionnykh kharakteristik motornykh i aviatsionnykh topliv. Motornyi metod [Petroleum Products. Determination of detonation characteristics of motor and aviation fuels. Motor method], pp. 3-15.

14. Kafarov V.V., Meshalkin V.P. Analiz i sintez khimiko-tehnologicheskikh sistem [Analysis and synthesis of chemical-technological systems]. Moscow, Khimiia, 199, p. 432.

15. Zhmakina A.P. Arkhitektura EVM [Computer architecture]. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2006, p. 320.

Получено 23.03.2020

Об авторах

Зиянуров Алмаз Шамильевич (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: al.zia96@yandex.ru).

Вялых Илья Анатольевич (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: atp@pstu.ru).

About the authors

Almaz Sh. Zianurov (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student of the Equipment and automation of chemical production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: al.zia96@yandex.ru).

Ilya A. Vyalykh (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, associate professor of the Equipment and automation of chemical production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: atp@pstu.ru).