

УДК 004.896:622.012

# ОПЫТ СОЗДАНИЯ АСУТП НА НИКОЛАЕВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ

**Д. А. БАШКОВ<sup>1</sup>**, ведущий инженер-системотехник

**В. А. ВЕСЕЛОВ<sup>1</sup>**, инженер-системотехник

**Е. А. ИСАЕВ<sup>1</sup>**, начальник сектора, E\_Isaev@rivs.ru

<sup>1</sup> СП ЗАО «ИВС», Санкт-Петербург, Россия

## Введение

В рамках работ по реконструкции Николаевской обогатительной фабрики (НОФ) с целью увеличения ее производительности специалистами СП ЗАО «ИВС» разработана и внедрена автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП НОФ) [1].

Основной задачей системы является непрерывное централизованное регулирование и контроль параметров технологического процесса, включающее возможность автоматизированного управления в зависимости от изменений сортности перерабатываемой руды.

Данная задача реализуется путем внедрения современного оборудования и локальных систем управления производством СП ЗАО «ИВС» [2] и использования в составе программно-технического комплекса программного продукта для экспертного управления технологическими процессами обогащения «Клевер».

## Структура и описание АСУТП НОФ

На этапе создания системы было принято решение произвести деление фабрики на следующие переделы:

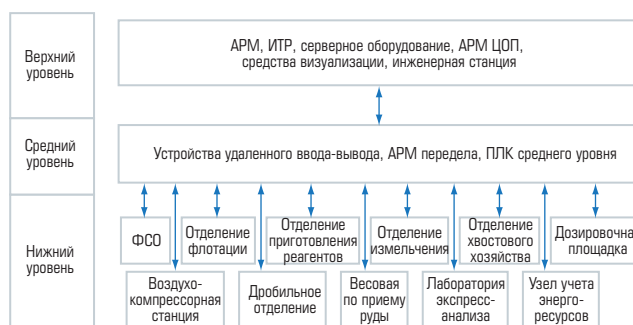
- весовая по приему руды;
- дробильное отделение;
- отделение измельчения, включающее в себя систему «руда-вода», автоматизированную систему управления гидроциклоном (АСУГЦ) производства СП ЗАО «ИВС»;
- отделение флотации, включающее в себя автоматизированную систему стабилизации уровня пульпы и расхода воздуха (АССУП-РВ), оттирко-флотационный комплекс (ОФК), индикатор крупности гранул производства СП ЗАО «ИВС»;
- отделение приготовления реагентов (совместно с известковым отделением) со всеми локальными системами, разработанными специалистами СП ЗАО «ИВС»;
- дозирочная площадка со всеми локальными системами;
- отделение фильтрации, сгущения и отгрузки (ФСО);
- отделение хвостового хозяйства;
- воздухомпрессорная станция;
- лаборатория экспресс-анализа;
- узел учета энергоресурсов.

Более подробная структура АСУТП НОФ приведена на **рис. 1**. Система имеет трехуровневое исполнение. На верхнем уровне расположены: шкаф коммуникационный, включающий в себя активное

Рассмотрена общая структура АСУТП, методы и этапы ее внедрения, а также интегрированная в ее состав система экспертного управления технологическими процессами обогащения «Клевер», разработанная специалистами СП ЗАО «ИВС».

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления технологическим процессом, экспертное управление, обогатительная фабрика, внедрение.

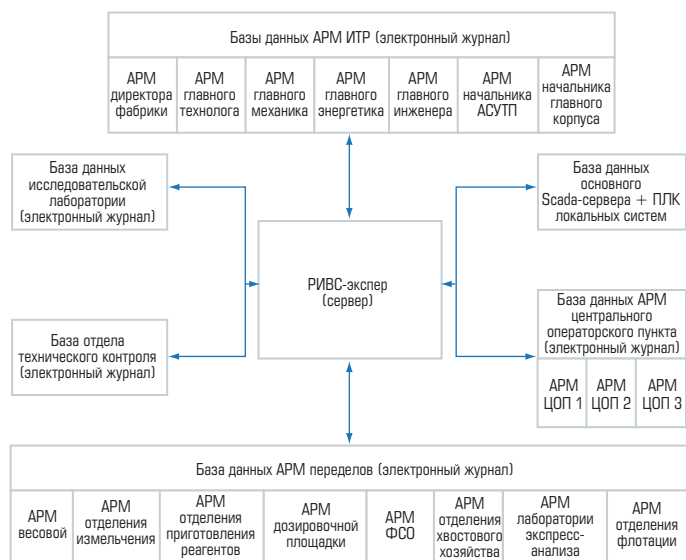
**DOI:** dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.11.16



**Рис. 1. Структура АСУТП на Николаевской обогатительной фабрике**

коммуникационное оборудование, серверы баз данных; два автоматизированных рабочих места центрального операторского пункта (АРМ ЦОП); три панели для отображения мнемосхем технологического процесса, инженерную станцию; семь автоматизированных рабочих мест для инженерно-технического персонала (АРМ ИТР); оргтехнику. На среднем уровне находятся: АРМ переделов, коммуникационные шкафы, включающие в себя контроллерное оборудование или оборудование удаленного ввода-вывода, а также активное коммуникационное оборудование. На нижнем уровне расположены локальные подсистемы производства СП ЗАО «ИВС», различное отдельно устанавливаемое полевое оборудование, предназначенное для контроля некоторых технологических параметров. Кроме того, к средствам АСУТП для дистанционного контроля состояния также подключаются элементы пускорегулирующей аппаратуры электротехнической части проекта.

Система включает в себя несколько локальных подсистем, распределенных территориально по всем объектам фабрики. В зависимости от степени автономности функционирования локальных систем можно выделить три вида подсистем с соответствующими классами функционального наполнения и, следовательно, глубиной алгоритмической реализации непосредственно на уровне самой АСУ ТП (алгоритмизации на «верхнем уровне»):



**Рис. 2. Структура накопления данных**

- *локальные системы со степенью автономности N<sup>о</sup> 1* (с возможностью осуществлять мониторинг, дистанционный запуск/останов при поддержке данной функции); алгоритмическое описание в части управления ограничивается корректной процедурой запуска и останова технологических линий (при необходимости);

- *локальные системы со степенью автономности N<sup>о</sup> 2* (с возможностью мониторинга, задания и регулирования уставок для контуров управления, дистанционного запуска/останова при поддержке данной функции); алгоритмическое описание включает в себя корректную процедуру запуска и останова технологических линий (при необходимости), а также описание общих принципов регулирования уставок (экспертное управление, при наличии);

- *локальные системы* (в большинстве своем это отдельно устанавливаемые контрольно-измерительные приборы, шкафы управления запорной арматурой без программируемых логических контроллеров (ПЛК) со степенью автономности N<sup>о</sup> 3 (функции контроля и управления реализуются непосредственно АСУТП НОФ); алгоритмическое описание включает в себя корректную процедуру запуска и останова технологических линий (при необходимости), описание общих принципов регулирования уставок (экспертное управление, при наличии), а также описание принципов непосредственного прямого управления конкретными процессами.

**Основные функции АСУТП**

Система предназначена для выполнения различных информационных и управляющих функций.

Основные информационные функции:

- измерение и мониторинг параметров работы технологических процессов и состояния оборудования в объеме, достаточном для качественного регулирования технологическим процессом обогащения и оперативного принятия обоснованных решений персоналом;
- визуализация оперативных параметров технологических процессов на АРМ ЦОП, АРМ ИТР, АРМ переделов;

- формирование архива производственной отчетности (технология, учет энергоресурсов и др.);
- регистрация аварийных ситуаций на основании информации, получаемой непосредственно с объекта управления;
- обмен информацией по корпоративной сети посредством доступа к базе данных Microsoft SQL Server.

Основной управляющей задачей системы является непрерывное централизованное автоматизированное регулирование и контроль параметров технологического процесса, включающее возможность управления в зависимости от изменений сортности перерабатываемой руды, с последующим увеличением переработки [3].

К управляющим функциям, выполняемых системой, относятся следующие:

- непрерывное централизованное автоматизированное регулирование и контроль параметров технологического процесса;
- непрерывное централизованное автоматизированное управление технологическим процессом с АРМ центрального операторского пункта в зависимости от сортности перерабатываемой руды;
- логическое управление, в том числе управление запуском/остановом, связанная блокировка работы технологического оборудования и др.;
- воздействие на объект управления по результатам диагностики аварийных ситуаций (автоматический останов, запуск, переключение оборудования, автоматическое изменение заданий, уставок, режимов работы регуляторов и др.).

**Принципы построения и функционирования программного продукта «Клевер»**

В состав рассматриваемой АСУТП НОФ входит программный продукт «Клевер», содержащий базу данных с технологическими решениями по управлению технологическим процессом (в теории интеллектуальных систем — так называемую базу знаний [4, 5]). Процесс формирования этой базы данных описан ниже. Программный продукт «Клевер» относится к классу современных АРС-систем, применяемых в горно-обогатительной промышленности [5–10].

На начальном этапе создания базы данных для программного продукта «Клевер» необходимо выполнить подготовительные работы, в ходе которых весь объект управления условно разбивается на отдельные контуры технологического управления, каждый из которых имеет набор входных и выходных параметров (качественные и количественные локальные физические величины, соответственно, на входе и выходе) и набор регуляторов, влияющих на передаточную функцию контура (набор и расход дозируемых реагентов, воздуха и др.). Так как все контуры связаны друг с другом, то формируется набор взаимосвязей типа «выход контура n — вход контура n+1» и аналогичных. Входными параметрами первого контура являются параметры поступающей на фабрику руды.

Далее на основе знаний и опыта, полученными в процессе эксплуатации, технологическим персоналом фабрики и специалистами СП ЗАО «ИВС» нарабатывается базовый набор статистических данных протекания технологических процессов в каждом контуре, что позволяет сформировать оптимальные наборы решений (смена реагентных карт, смена технологических схем на основе перенаправления потоков пульпы, смена уставок отдельных, наиболее значимых управляемых

технологических параметров) для различных значений параметров входов и выходов каждого контура, а также выявляет закономерности процессов влияния локальных регуляторов на них. Также, кроме параметров каждого контура (система «руда–вода», флотация, режим реагентов, лаборатория экспресс-анализа), задаются общие параметры всего технологического процесса, определяющие общую эффективность всего процесса.

Сбор данных технологического процесса, в зависимости от поколения индустриального развития фабрики, осуществляется двумя способами: первый — автоматическое считывание всего перечня данных с приборов или контроллеров систем АСУТП (возможно на фабрике с максимальным внедрением автоматизации); второй способ — это смешанный сбор информации, который включает в себя автоматический и автоматизированный сбор данных [11–15].

Первый способ понятен и проще реализуем, так как на фабрике осуществлена глубокая автоматизация всех систем управления переделами фабрики и учетом материальных ресурсов.

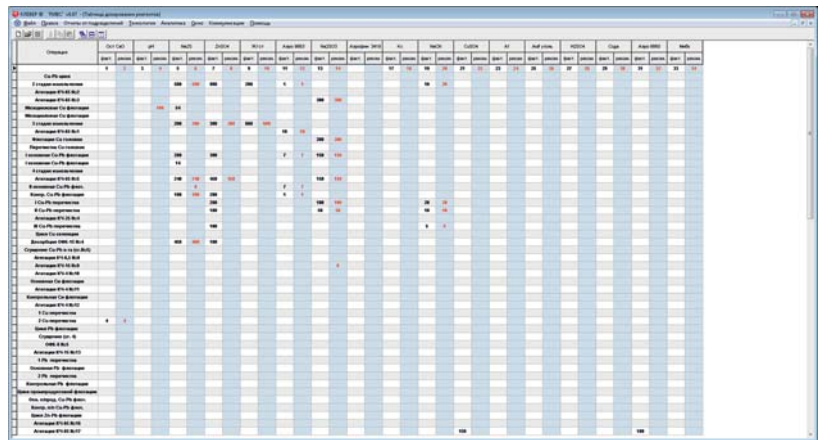
Второй способ наиболее трудоемкий и требует организации процесса сбора данных персоналом ОТК исследовательских лабораторий, экспресс-анализ непосредственно на том или ином участке фабрики.

Для накопления данных специалистами СП ЗАО «ИВС» использованы все существующие современные методы [10–13]. Для получения данных от локальных АСУТП и электронных журналов, заполняемых на всех переделах, используется классическая схема «клиент–сервер». Более подробный метод накопления данных приведен на **рис. 2**.

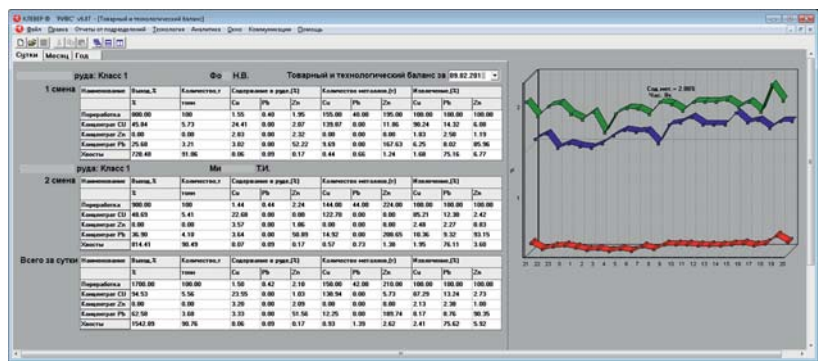
Следующий этап — обработка собранных данных и сортировка по направлениям. Обработка данных включает расшифровку статических архивов или локальных архивов, накопленных на АРМ, на случай нештатной работы серверов или технологической сети. Также осуществляется перераспределение данных по назначению. Данные от контроллеров (первичные данные) направляются в базу, предназначенную для расчета основных технологических параметров фабрики. Данные от электронных журналов направляются в базу для вычисления технологических и товарных балансов, поступления руды и ее остатка, поступления и расхода реагентов и др. Отображение обработанной программным продуктом «Клевер» информации показано на **рис. 3** и **4**.

Этот этап необходим для оптимизации передачи информации головному предприятию или руководящей компании. Некоторые данные после обработки и сортировки могут сразу направляться руководству компании (**рис. 5**).

Анализ и сортировку накопленных данных выполняли технологи СП ЗАО «ИВС», начиная с этапа пусконаладки. Ими были рассчитаны оптимальные параметры для оптимизации процесса извлечения. После оценки полученных данных была разработана методика примене-



**Рис. 3. Пример таблицы дозирования реагентов**



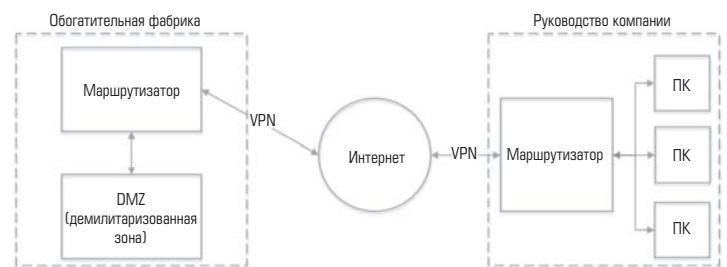
**Рис. 4. Товарный и технологический баланс**

ния реагентов; режимы работы флотомашин, гидроциклонов; режимы для системы «руда–вода» и так далее по всем системам фабрики.

Все методики были разработаны с учетом увеличения извлечения металлов и направлены программистам для создания алгоритмов управления технологическим процессом для «аналитического модуля» в программном обеспечении «Клевер».

Следующим этапом внедрения системы являлась опытная эксплуатация в режиме «рекомендаций» в присутствии технологов СП ЗАО «ИВС». После передачи системы в промышленную эксплуатацию программный продукт «Клевер» заработал в экспертном режиме в сопровождении технологов и программистов СП ЗАО «ИВС».

Данные электронных журналов и АСУТП используются для организации документооборота и ведения отчетности. Модуль «Документооборот» позволяет просматривать электронные журналы и формиро-



**Рис. 5. Схема передачи данных руководству компании**

вать отчеты по всему спектру документов, используемых на фабрике. Начиная с аудита, формы всех документов накапливаются и далее реализуются в программе. Также данный модуль предоставляет возможность просмотра и корректировки всех документов, имеющим на это право. Отчеты в зависимости от пожелания заказчика могут быть классической таблицей, например для внутреннего документооборота фабрики, содержать отчеты с графиками или фотографиями.

### Заключение

Основной сложностью внедрения АСУТП НОФ являлось создание системы на непрерывно работающем производстве с использованием существующего оборудования, предназначенного для интеграции локальных систем с оборудованием верхнего уровня (оптической сетью, системой децентрализованной периферии компании Siemens).

На первом этапе внедрения системы был проведен аудит фабрики, подготовлена, согласно РД 50-34.698-90, техническая документация, закуплено и поставлено оборудование, осуществлено условное разделение фабрики на переделы (весовая, дробильное отделение, измель-

чение, флотация, приготовление реагентов, дозировочная площадка, отделение фильтрации сгущения отгрузки, хвостовое хозяйство, воздухомпрессорная, экспресс-лаборатория, узел учета энергоресурсов).

По окончании первого этапа были выполнены строительномонтажные работы для каждого передела НОФ, с последующей интеграцией оборудования на верхний уровень с целью обеспечения полноценной передачи данных.

Также одной из сложностей оказалась организация заполнения технологическим персоналом фабрики электронных журналов взамен бумажных. Персонал фабрики должен был заново пересмотреть свои функции и изменить рабочий алгоритм фиксирования данных на своем участке с применением нового для них оборудования или программного обеспечения. Для решения данной проблемы специалистами СП ЗАО «ИВС» была разработана программа обучения с последующей аттестацией персонала.

Создание и внедрение системы на Николаевской обогатительной фабрике показало целесообразность и обоснованность использования АСУТП на горно-обогатительных фабриках.

### Библиографический список

1. Зимин А. В., Трушин А. А., Бондаренко А. В. Вектор развития средств и систем автоматизации для горно-обогатительных производств в НПО «РИВС» // Горный журнал. 2014. № 11. С. 91–95.
2. Трушин А. А., Седов А. В., Любиченко А. А., Никандров И. С. Системы автоматического регулирования процесса флотации производства ЗАО НПО «РИВС» // Горный журнал. 2010. № 10. С. 69–74.
3. Шумская Е. Н., Соловьева Л. М., Поперечникова О. Ю. Совершенствование технологии обогащения полиметаллической руды Артемьевского месторождения // Горный журнал. 2012. № 11. С. 63–67.
4. Бондаренко А. В., Карамышев Н. И., Трушин А. А., Кацман Я. М. Расчет баланса металлов как элемент АСУТП обогатительной фабрики // Горный журнал. 2014. № 11. С. 100–104.
5. Морозов В. В., Топчаев В. П., Улитенко К. Я., Ганбаатар З., Дэлгэрбат Л. Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых. — М.: ИД «Руда и Металлы», 2013. — 512 с.
6. Искандеров Ю. М. Создание баз знаний интеллектуальных систем. — МО РФ, 2003. — 233 с.
7. Remes A. Advanced Process Monitoring and Control Methods in Mineral Processing Applications. — Espoo : Aalto University, 2012. — 76 p.

8. Zatulovskiy K. A. Modding of Clarifier-Thickoier at Steady State // 62 Berg- und Hüttenmännischer Tag. Innovation in Geoscience, Geoengineering and Metallurgy : Proceedings of the International Conference. Freiberg. 2011. Vol. 1. P. 156–162.
9. Proceedings of the Graduate School in Chemical Engineering. Year book 2011. — Lappeenranta, Finland, 2011. P. 287–289.
10. Shean B. J., Cilliers J. J. A review of froth flotation contro // International Journal of Mineral Processing. 2011. Vol. 100. Iss. 3-4. P. 57–71.
11. Advanced Process Control. The proven way to process optimization / ABB. URL: [https://library.e.abb.com/public/fa34b897958489a9c1257ad7005753d5/Brochure\\_APC\\_low.pdf](https://library.e.abb.com/public/fa34b897958489a9c1257ad7005753d5/Brochure_APC_low.pdf) (дата обращения: 05.05.2016).
12. cpmPlus Expert Optimizer. Advanced optimization for your industry / ABB. URL: [https://library.e.abb.com/public/a3004e27e4286e52c12576be0038ce06/cpmPlus\\_Exp\\_Opt\\_3BHS%20291766\\_Ir.pdf](https://library.e.abb.com/public/a3004e27e4286e52c12576be0038ce06/cpmPlus_Exp_Opt_3BHS%20291766_Ir.pdf) (дата обращения: 05.05.2016).
13. Mielli F. Advanced Process Control and Mineral Processing Applications / Schneider Electric. 2014. URL: <http://blog.schneider-electric.com/mining-metals-minerals/2014/05/29/advanced-process-control-mineral-processing-applications/> (дата обращения: 28.04.2016).
14. Попков Ю. Н., Прокопов А. Ю., Проколова М. В. Информационные технологии в горном деле. — Новочеркасск : ЮРГТУ, 2007. — 202 с.
15. Гаснер Б. С. ИВС и АСУТП : учеб. пособие. — Пермь : ПГТУ, 2007. — 123 с. **ДЖ**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 11, pp. 85–89  
DOI: [dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.11.16](https://doi.org/10.17580/gzh.2016.11.16)

#### Practice of automatic production control engineering at Nikolaevskaya Processing Plant

##### Information about authors

D. A. Bashkov<sup>1</sup>, Leading System Engineer  
V. A. Veselov<sup>1</sup>, System Engineer  
E. A. Isaev<sup>1</sup>, Head of a Sector, E\_Isaev@rivs.ru  
<sup>1</sup> IVS Joint Venture, Saint-Petersburg, Russia

##### Abstract

The article describes practical engineering of an automatic production control system at Nikolaevskaya Processing Plant in the Republic of Kazakhstan. To reach the goal, the authors divided the plant into separate parts (process stages). The control system has three levels. The upper level includes a communication box with active communications hardware, database servers, two automation-equipped work stations of the central operator's station, three panels to display mnemonic diagrams of a production process, an engineer station, seven work stations for technical staff and office appliances. The medium level accommodates workstation to control process circuits, communications boxes of controller equipment or remote input/output equipment and active communications hardware. The lower level are local subsystems of IVS manufacture and some nonintegral field equipment to monitor process variables. To implement remote status control, the automatic production control system facilities are connected with start-control devices of electrical equipment. The system performs functions of control and information. The analyses and collation of accumulated data are implemented by IVS technologists starting from pre-commissioning stage. The extraction process optimization parameters are calculated. Having evaluated the obtained data, IVS technologists developed a reagent procedure, operating regimes for flotation machines

and hydrocyclones, ore–water system modes and so on, for all systems of the processing plant. All techniques are developed with a view to enhancing metal recovery. The techniques were sent to programmers to create production process control algorithms to make an “analytical package” of RIVS-Expert software support included in the system and meant for acquisition, processing and collation of data on different processes.

Also, IVS technicians provided transmission of data to a headquarters plant or a management company.

**Keywords:** automatic production control system, expert management, processing plant, introduction.

##### References

1. Zimin A. V., Trushin A. A., Bondarenko A. V. Vector of development of means and systems of automation for mining-concentration productions at Scientific and Production Association “RIVS”. *Gornyi Zhurnal*. 2014. No. 11. pp. 91–95.
2. Trushin A. A., Sedov A. V., Lyubichenko A. A., Nikandrov I. S. Systems of automatic regulation of flotation process (Scientific and Production Association «RIVS»). *Gornyi Zhurnal*. 2010. No. 10. pp. 69–74.
3. Shumskaya E. N., Soloveva L. M., Poperechnikova O. Yu. Improvement of the concentration technology of polymetallic ore of Artemevskoe deposit (Kazakhmys PLC, Republic of Kazakhstan). *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 11. pp. 63–67.
4. Bondarenko A. V., Karamyshv N. I., Trushin A. A., Katsman Ya. M. Calculation of metals balance as an element of process control system of concentration plant. *Gornyi Zhurnal*. 2014. No. 11. pp. 100–104.
5. Morozov V. V., Topchayev V. P., Ulitenko K. Ya., Ganbaatar Z., Delgerbat L. Development and application of mineral dressing process control systems. Moscow : «Ore and Metals» Publishing House, 2013. 512 p.
6. Iskanderov Yu. M. Creation of knowledge base for intellectual systems. 2003. 233 p.
7. Remes A. Advanced Process Monitoring and Control Methods in Mineral Processing Applications. Espoo : Aalto University, 2012. 76 p.



8. Zatulovskiy K. A. Modding of Clarificr-Thickoier at Steady State. 62 Berg- und Hüttenmännischer Tag. *Innovation in Geoscience, Geoengineering and Metallurgy : Proceedings of the International Conference*. Freiberg. 2011. Vol. 1. pp. 156–162.
9. Proceedings of the Graduate School in Chemical Engineering. *Year book 2011*. Lappeenranta, Finland, 2011. pp. 287–289.
10. Shean B. J., Cilliers J. J. A review of froth flotation control. *International Journal of Mineral Processing*. 2011. Vol. 100, Iss. 3–4. pp. 57–71.
11. Advanced Process Control. The proven way to process optimization. *ABB*. Available at: [https://library.e.abb.com/public/fa34b897958489a9c1257ad7005753d5/Brochure\\_APC\\_low.pdf](https://library.e.abb.com/public/fa34b897958489a9c1257ad7005753d5/Brochure_APC_low.pdf) (accessed: 05.05.2016).
12. cpmPlus Expert Optimizer. Advanced optimization for your industry. *ABB*. Available at: [https://library.e.abb.com/public/a3004e27e4286e52c12576be0038ce06/cpmPlus\\_Exp\\_Opt\\_3BHS%20291766\\_lr.pdf](https://library.e.abb.com/public/a3004e27e4286e52c12576be0038ce06/cpmPlus_Exp_Opt_3BHS%20291766_lr.pdf) (accessed: 05.05.2016).
13. Mielli Fabio. Advanced Process Control and Mineral Processing Applications. *Schneider Electric*. 2014. Available at: <http://blog.schneider-electric.com/mining-metals-minerals/2014/05/29/advanced-process-control-mineral-processing-applications/> (accessed: 28.04.2016).
14. Popkov Yu. N., Prokopov A. Yu., Prokopova M. V. Informational technologies in mining. Novocherkassk : Platov South-Russian State Polytechnic University, 2007. 202 p.
15. Gasper B. S. Information computer networks and process control systems : tutorial. Perm : Perm State Technical University, 2007. 123 p.

УДК 004.896:622.012

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ОБЩИЙ ОБЗОР И СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

**А. А. ЕРШОВ**<sup>1</sup>, зам. начальника сектора департамента АСУ, канд. техн. наук, [A\\_Ershov@rivs.ru](mailto:A_Ershov@rivs.ru)

**Е. А. ИСАЕВ**<sup>1</sup>, начальник сектора департамента АСУ

<sup>1</sup> СП ЗАО «ИВС», Санкт-Петербург, Россия

### Введение

Многие горно-обогатительные предприятия, внедряя традиционные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), не решают такие проблемы в управлении производством, как, например, автоматическая адаптация технологического процесса к изменяющимся показателям перерабатываемой руды, или полноценная поддержка принятия решений оператором-технологом, чтобы гарантировать корректность его действий. При этом нерешенность таких проблем может существенно ухудшать качественно-количественные характеристики конечного концентрата, что влечет за собой значительные финансовые потери. Вместе с тем в мировой практике уже существуют и активно внедряются эффективные технологии, которые предназначены для решения именно подобных проблем. Комплекс их обобщенно объединен в понятие автоматизированных систем усовершенствованного управления технологическими процессами (APC-система, от англ. Advanced Process Control).

Целью данной работы является повышение эффективности функционирования горно-обогатительных производств за счет разработки и внедрения APC-системы для поддержания оптимальных качественно-количественных показателей технологического процесса и минимизацию влияния на него человеческого фактора.

### Обзор APC-систем в горно-обогатительном производстве

APC-система предполагает комплексное управление технологическим процессом на уровне регулирования качественно-

*В качестве средства повышения эффективности горно-обогатительного производства рассматриваются автоматизированные системы управления технологическими процессами, имеющие общепринятое обозначение в западных источниках как Advanced Process Control (APC). В статье дано описание программного обеспечения APC-системы «Клевер» производства НПО «РИВС».*

**Ключевые слова:** APC-системы, горно-обогатительное производство, программное обеспечение, система «Клевер», экранная форма.

**DOI:** [dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.11.17](https://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.11.17)

количественных показателей, а не автоматизацию отдельных контуров управления или отдельных звеньев производства. Если традиционные АСУТП используют ПИД-регуляторы, уставку на которые обычно задает оператор-технолог (например, требуемый уровень во флотомашине), то APC-система автоматически задает уставки на локальные контуры регулирования, исходя из глобальных требований к технологическому процессу (качеству, извлечению и т. д.) или выдает рекомендации по величине данных уставок, т. е. берет на себя часть функций оператора-технолога или даже группы технологов предприятия по принятию решений [1–4]. Результаты исследований по данному направлению не очень широко освещены в русскоязычных изданиях, но в смежных направлениях опубликовано значительное число работ, которые могут быть использованы в той или иной степени применительно к рассматриваемой области [5–7].

В комплекс технологий APC, реально пригодных для горно-обогатительных предприятий, обычно включают [1–3, 8]: сверку и контроль корректности получаемых данных от полевого уровня; машинное зрение; виртуальный контроль (англ.: virtual sensing или soft sensing) технологического процесса; управление с прогнозирующими моделями (MPC, от англ.: model predictive control); экспертное управление (экспертные системы и системы