



Энергоэффективность рассматриваемого проекта с учетом определенного рыночного удельного расхода топлива на отпуск электроэнергии возрастает за счет снижения энергоемкости производства, определенной по обобщенным энергозатратам на 12 % (см. таблицу).

Таким образом, энерготехнологический модуль обеспечивает существенное повышение энергоэффективности производства путем комбинированной выработки электроэнергии и использования остаточной теплоты отходящих газов газотурбинного двигателя

в процессе сушки концентрата хлористого калия и может быть применен при реконструкции и новом строительстве на горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятиях. **ГЖ**

*Лихолап Владислав Владимирович,
тел. : + 375 (17) 283-24-05
Щербич Антон Вячеславович,
тел. : + 375 (17) 286-32-57*

ENERGY EFFICIENT DRYING TECHNOLOGY IN THE PRODUCTION OF POTASSIUM FERTILIZERS, USING GAS-TURBINE PLANT

Likholap V. V.¹, Chief Engineer, phone: +375 (17) 283-24-05

Shcherbich A. V.¹, Head of Department of General Layout and Heat-and-Power Engineering Technologies, Candidate of Engineering Sciences

¹«Belgorkhimprom» JSC (Minsk, Republic of Belarus)

This article gives the technical solution, directed on increasing of energetic efficiency of drying of potassium chloride concentrate in drying drums in the process of manufacturing of potassium fertilizers.

Installation of gas-turbine heat and electric energy engine in parallel to existing furnace units was offered at «Belgorkhimprom» JSC for replacement of existing fire gas technology by more efficient one.

Exhaust fume of gas-turbine unit (temperature is ~500 °С), which reached the required temperature (~700 °С) in reheat units is used as drying agent.

Drying agent, directed into drying drums, provides the drying of potassium chloride concentrate with productivity, which is no less than the productivity, obtained by existing technological scheme.

Gas turbine sets the electric energy generator drive in operation, taking into account the fact that this generator is simultaneously included into power supply system.

Excess heat of fire gas after gas-turbine unit is utilized in exhaust-heat boiler and is directed to consumers at the industrial area as steam and hot water.

Energotechnological module was introduced at the Mining Department No. 2 («Belaruskali» JSC).

This decision makes possible to decrease the costs on heat-energetic resources by 12%.

Payback period of costs on the basic equipment is ~4 years.

Key words: KCl concentrate, drying, fire gases, drying drum, gas-turbine engine, combined manufacturing of heat and electric energy, energy resources.

УДК 622.132:658.012.011.56

С. Ф. ШЕМЕТ, М. Р. ТУРКО, Е. М. МИСЬКОВ (ОАО «Белгорхимпром»)

Б. А. ВИШНЯК (НТЦ ООО «ЗУМК-Инжиниринг»)

С. Ф. ВОЛЧОК (ОАО «Беларуськалий»)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ КАЛИЙНЫХ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК



С. Ф. ШЕМЕТ,
генеральный директор,
д-р техн. наук



М. Р. ТУРКО,
зав. лабораторией,
канд. техн. наук



Б. А. ВИШНЯК,
начальник НТЦ,
канд. техн. наук



С. Ф. ВОЛЧОК,
начальник отдела



Е. М. МИСЬКОВ,
научный сотрудник

Представлена концепция (модель) современного (модернизированного) обогатительного комплекса рудоподготовки и флотационного обогащения калийных руд с управлением технологическими переделами на основе локальных АСУТП, интегрированных в общую АСУ производством товарного концентрата.

Ключевые слова: калийные руды, рудоподготовка, дробление, усреднение, измельчение, обесшламливание, флотационное обогащение, сгущение, фильтрование, сушка, управление технологиями и производством, локальные АСУТП, интегрированная АСУП.

На основе анализа результатов многолетних исследований, опыта проектирования и эксплуатации калийных обогатительных фабрик ОАО «Беларуськалий» и ОАО «Уралкалий» [1–4] разрабо-

тана и предложена модернизированная технологическая схема переработки (обогащения) калийных солей (**рис. 1**), которую можно считать типовой как для действующих, так и новых ком-

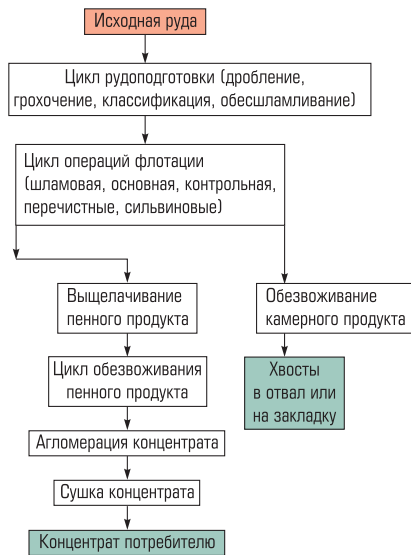


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема обогащения калийной руды

плексов по производству калийных удобрений с учетом детализации и некоторой корректировки в зависимости от заданной производительности и результатов геолого-технологических испытаний на обогатимость руд конкретного месторождения, а также уточнением материального и водного балансов, качественно-количественной и водно-шламовой схемы, типоразмеров оборудования и аппаратов.

К основным модернизационным усовершенствованиям в представляемой технологии и схеме цепи аппаратов относятся:

- принципиально новая, менее энергоемкая технологическая схема перечистой флотации концентрата за счет пневматических аппаратов, обладающих лучшей селективностью разделения сильвина от галита в высоком пенном слое и обеспечивающих повышение технологических показателей;
- гидросепараторы с центральным приводом и автоматизированным поддержанием степени разжижения разгрузки;
- металлические сгустители большой высоты с центральным приводом и автоматизацией принудительной выгрузки сгущенных шламов, обеспечивающие постоянную степень разжижения и снижение потерь основного компонента за счет интенсивности процесса сгущения шламовых отходов, а также уменьшение объемов сбрасываемого в шламохранилище маточного раствора и снижение затрат на строительство шламохранилищ;
- высокопроизводительные ленточные вакуум-фильтры с пропаркой чека для фильтрации концентрата и хвостов с автоматически регулируемым приводом, что позволяет изменять скорость движения ленты и минимизировать влажность осадка;

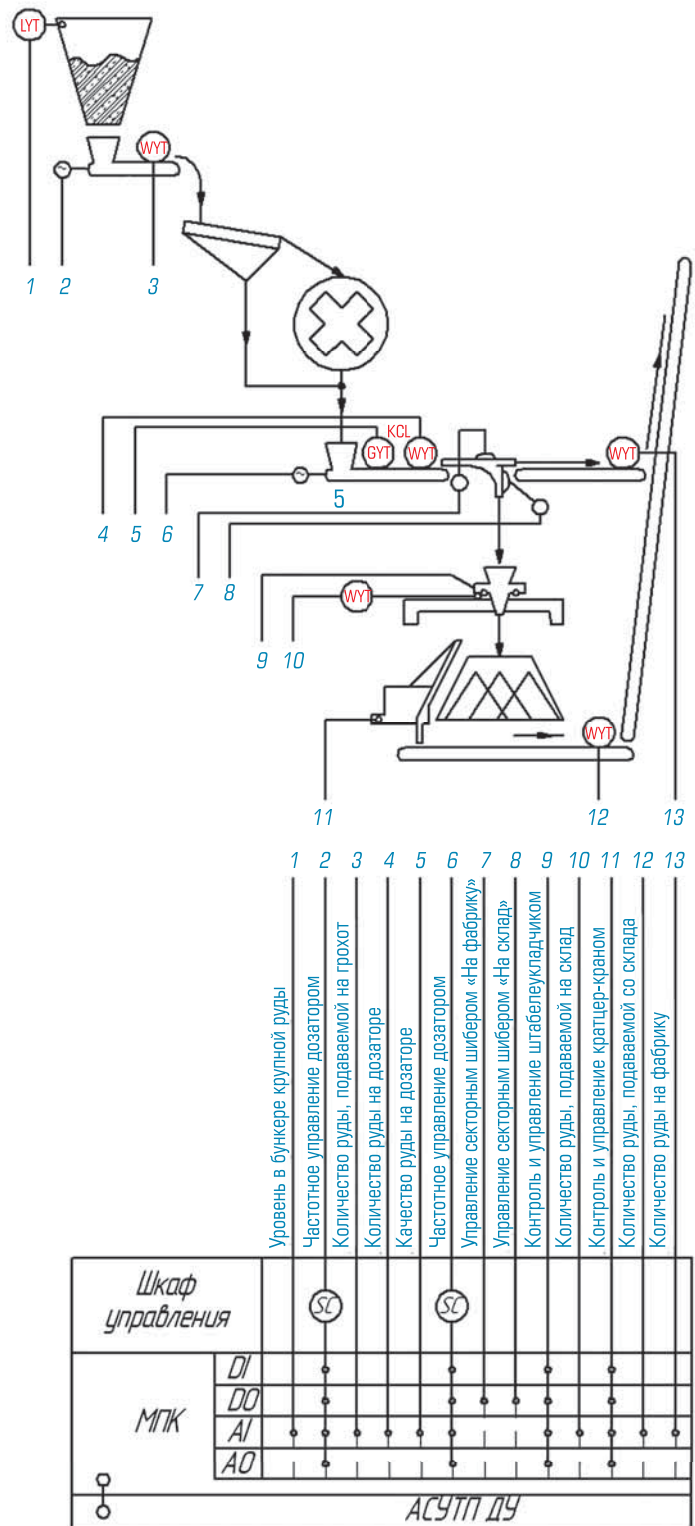


Рис. 2. Локальная система автоматизированного управления технологическим процессом рудоподготовки — дробления и усреднения рудной массы (АСУТП ДУ)

- возможность отдельного кондиционирования и флотации крупных (–1,2+0,25 мм) и тонких (–0,25 мм) фракций сильвина с использованием для тонкозернистой флотации эффективных пневматических машин [5].

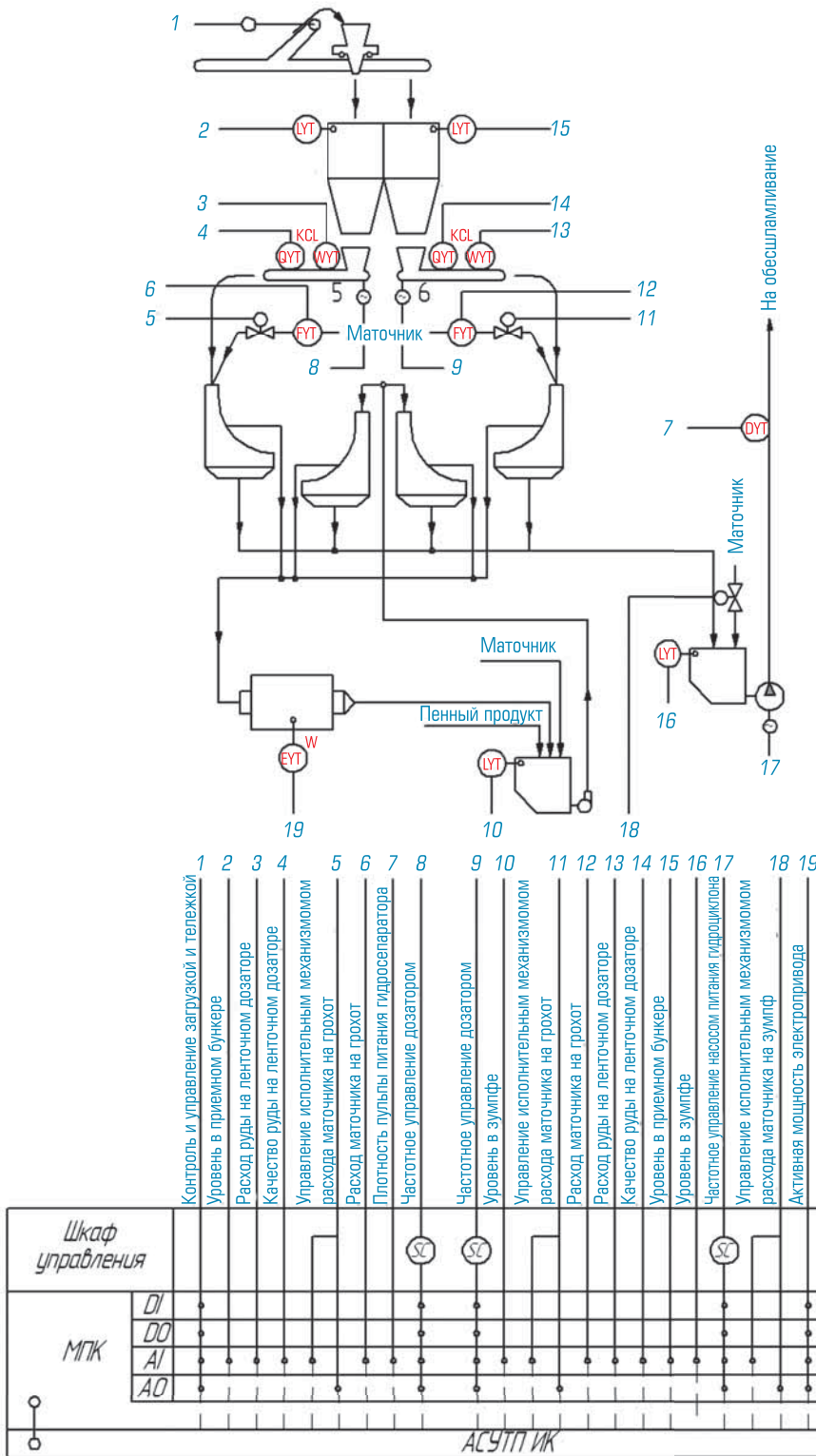


Рис. 3. Локальная АСУТП ИК отделения измельчения и классификации руды

В целом современная технология обогащения калийных руд представляет собой сложную разветвленную систему взаимосвязанных и взаимозависимых переделов, в связи с чем важнейшей и неотъемлемой частью ее проектирования, конструирования и эксплуатации является адекватная система автоматизированного управления (АСУТП) на базе высокоточных современных

средств автоматического контроля и управления с использованием компьютерной техники, микропроцессорных контроллеров и оптимально разработанных алгоритмов. Критерием эффективности АСУТП фабрики является минимизация суммарных приведенных затрат на единицу товарной продукции при ее производстве в плановом объеме и заданном качестве. Решение этой задачи обеспечивается посредством создания на каждом переделе локальных АСУТП, их объединения в общую АСУКТП и включения затем в фабричную MES-систему оперативно-диспетчерского управления производством и далее в ERP-систему управления предприятием.

Основной задачей управления рудоподготовкой является дробление поступившей на переработку рудной массы до кондиционного класса крупности и стабилизация (усреднение) качества дробленой руды по содержанию массовой доли KCl, что обеспечивает эффективную работу последующих переделов за счет повышения извлечения и соответствующего снижения материальных и энергетических затрат [6]. Эти задачи решаются с помощью локальной АСУТП отделения дробления и усреднения руды — АСУТП ДУ (рис. 2). При этом автоматизированное регулирование объемов и качества руды, подаваемой на измельчение, обеспечивается по алгоритмам ее усреднения на складе [7], а потоков руды на фабрику, на склад и со склада — изменением положения секторных шиберов распределительной камеры, программного управления штабелеекладчиком и работой кратцер-крана. Массовая доля KCl в дробленой руде измеряется непосредственно на лентах дозаторов гамма-зондами по естественной радиоактивности изотопа K^{40} [8].

Основной задачей автоматизированного управления процессом измельчения является максимальное содержание кондиционных классов в питании флотации при заданной производительности. Локальная АСУТП отделения измельчения и классификации (АСУТП ИК) (рис. 3) стабилизирует объемы питания мельницы путем изменения скорости ленты каждого из дозаторов мельницы через частотно-регулируе-

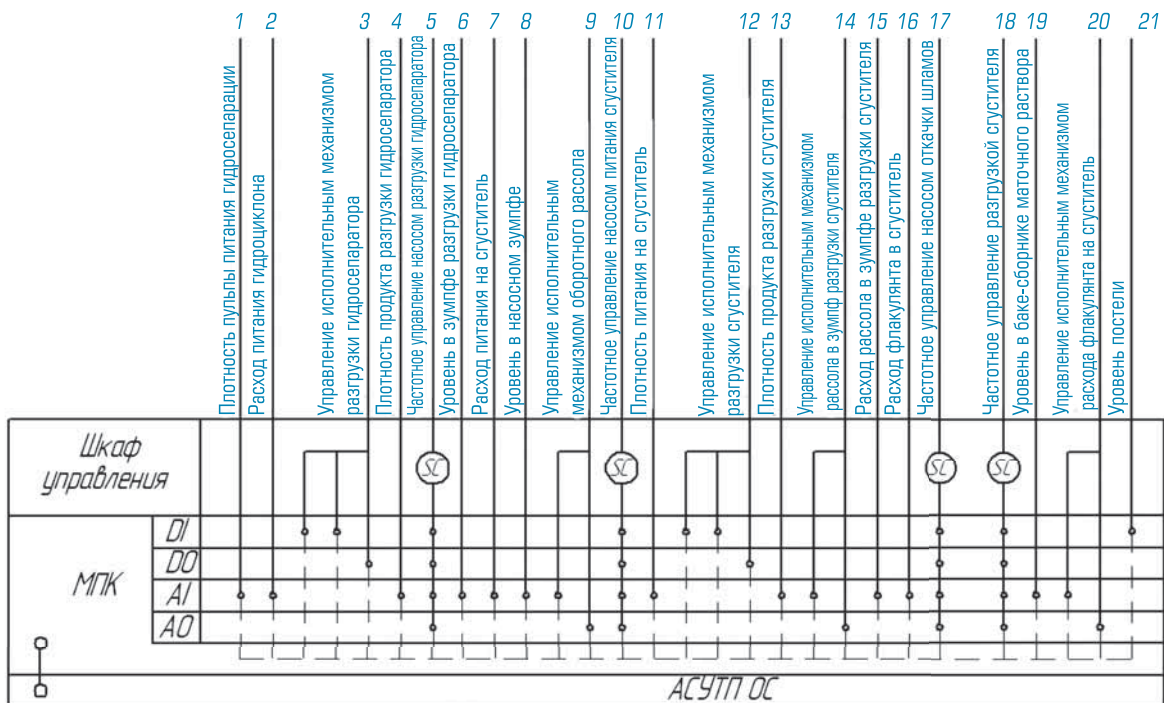
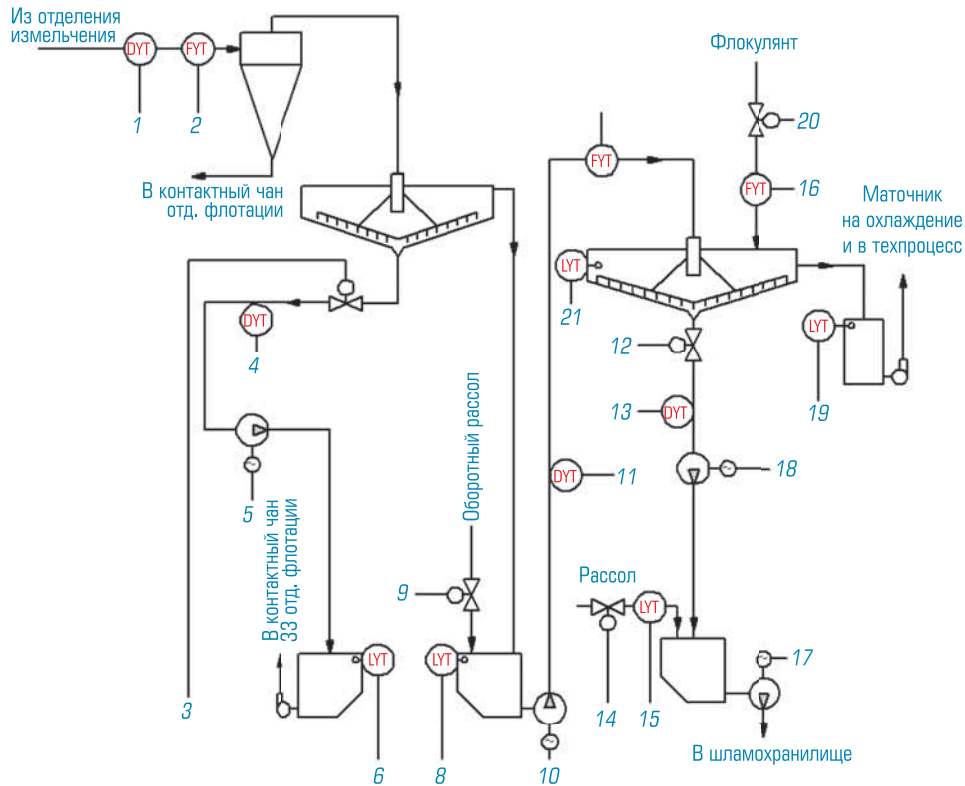


Рис. 4. АСУТП ОС процессов обесшламливания пульпы измельченной руды и сгущения шламов в технологии подготовки питания флотации

мые приводы дозаторов. Плотность питания мельницы регулируют воздействием на расход маточника по соотношению «расход руды — расход маточного раствора». Контроль стержневой загрузки в мельнице оценивается величиной активной составляющей мощности электропривода мельницы [9]. При этом каждой стержневой загрузке соответствует оптимальная рудная нагруз-

ка, а следовательно, каждому значению активной мощности электропривода должна соответствовать определенная рудная нагрузка, оптимальное соотношение которых обеспечивает максимальный выход кондиционного класса в сливе мельницы, что снижает циркуляционные потоки и сокращает расход электроэнергии. Перспективным для поточного анализа granulометриче-

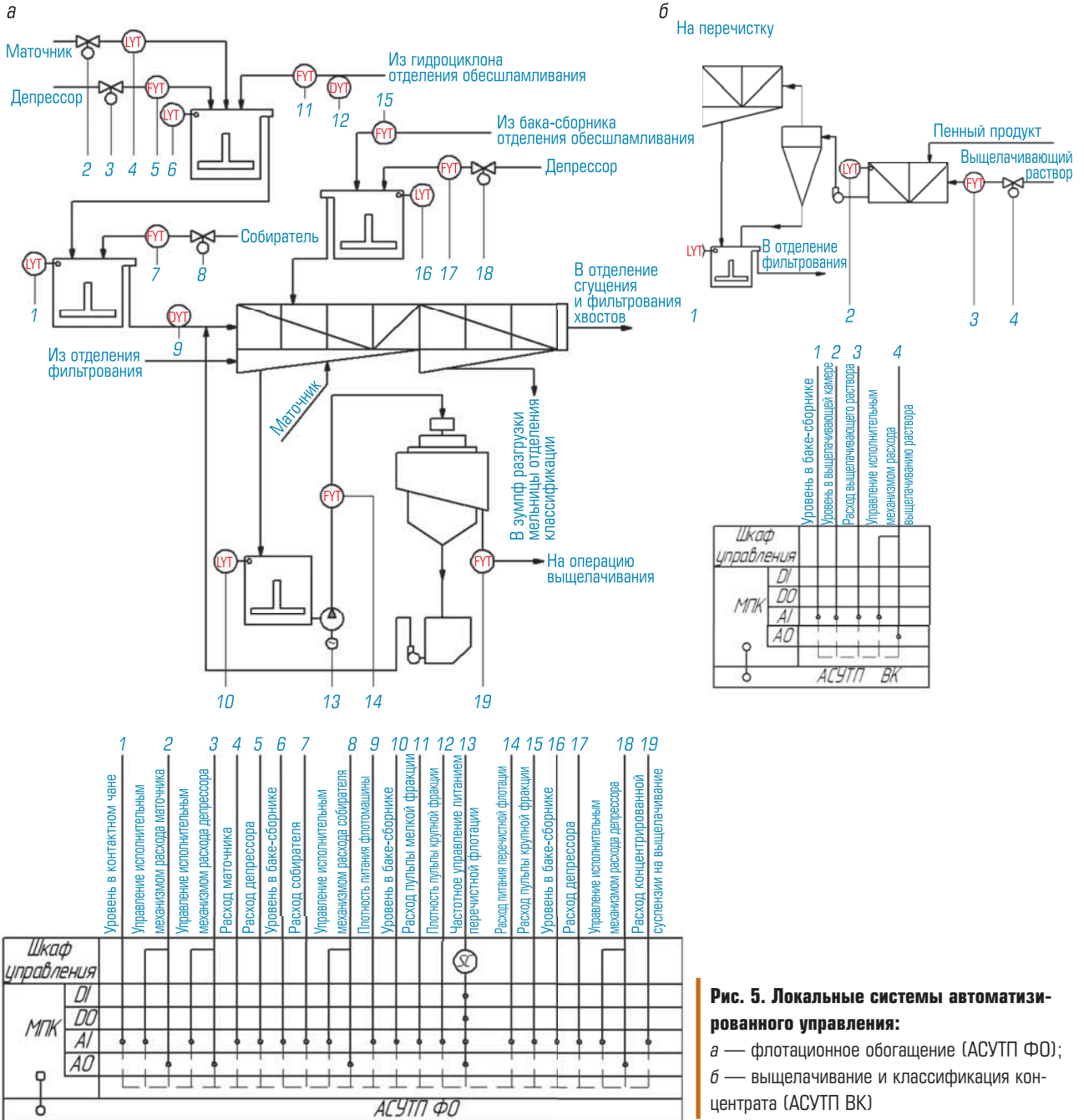


Рис. 5. Локальные системы автоматизированного управления:

а — флотационное обогащение (АСУТП ФО);
б — выщелачивание и классификация концентрата (АСУТП ВК)

ского состава пульпы слива мельниц является ультразвуковой прибор OPUS фирмы Sympatec, позволяющий качественно управлять процессом измельчения с учетом грансостава руды по мере износа стержней мельницы. Для оптимизации управления процессом измельчения рекомендуется также APC-система фирмы Honeywell, обеспечивающая управление на базе моделей.

Основной задачей процесса обесшламливания является отделение песковой фракции гидроциклона от нерастворимого остатка на I стадии, с минимумом потерь KCl в шламовом продукте (сливе гидросепаратора) — на II. Эта задача в предлагаемой концепции решается локальной АСУТП обесшламливания и сгущения шламов (АСУТП ОС) (рис. 4) путем регулирования и стабилизации питания по плотности (изменением расхода маточника) и производитель-

ности (через частотно-регулируемое управление насосом). Плотности продуктов разгрузки гидросепаратора и шламового сгустителя измеряют радиоизотопными плотномерами фирмы RGI. Управление процессом сгущения шламов предназначено для минимизации потерь хлористого калия с жидкой фазой, направляемой в шламохранилище [9], и обеспечивается путем стабилизации расхода питания сгустителя через частотное управление насосом и регулирования соотношения расходов питания «грязного» маточника и флокулянта с коррекцией по уровню постели в сгустителе, а также регулированием (стабилизацией) плотности сгущенных шламов через частотное управление насосом их разгрузки.

Флотация является основным этапом обогащения калийных руд, а критерием управления технологическим процессом — ми-

нимум потерь KCl с хвостами флотации при заданных значениях качества концентрата (содержания KCl) и производительности процесса. Зависимость «содержание KCl в хвостах — расход реагентов» имеет экстремальный характер: минимуму содержания KCl в хвостах будет соответствовать максимум его извлечения в концентрат [10, 11]. Решение этих задач обеспечивается локальными АСУТП (рис. 5) флотации (АСУТП ФО), выщелачивания и классификации концентрата (АСУТП ВК) по алгоритмам регулирования расхода реагента-депрессора для отдельного кондиционирования и распределения крупной и мелкой фракций в 1-ю и 2-ю камеры основной флотации в зависимости от расхода и плотности пульпы, поступающей с песками гидроциклона, и разгрузкой гидросепаратора. Подача собирателя (амин) регулируется по расходу и плотности пульпы питания флотации.

Содержание KCl в камерном продукте после флотации измерить каким-либо прибором до настоящего времени не представляется возможным. Единственной точкой его измерения в хвостах флотации является ленточный дозатор-формирователь слоя, установленный после ленточного вакуум-фильтра и обеспечивающий измерение потерь KCl гамма-зондом фирмы RGI. Несмотря на некоторую удаленность места измерения от флотации, эта информация является важной и может служить основным корректирующим сигналом на управление процессом флотации путем изменения расхода реагентов.

Для построения АСУТП ФО рекомендованы системы технического зрения типа VisioFroth фирмы Metso Minerals или Froth Master фирмы Outotec. Промышленные видеокамеры, установленные непосредственно над пенным продуктом, позволяют измерять скорость движения, цвет и слой пены, размер ее пузырьков и их стабильность — параметры, которые косвенно характеризуют процесс флотации и используются в экспертных системах управления флотацией. Для измерения расхода реагентов рекомендованы расходомеры AXF фирмы Yokogawa или Promag фирмы Endress + Hauser, в качестве плотномеров — система измерения плотности DD50 с блоком обработки информации Decon 21 фирмы RGI. На перемешивающей флотации важным является измерение расхода питания и его регулирование (стабилизация) через частотное управление насосом питания с применением частотных преобразователей фирмы АВВ. Управление процессом выщелачивания осуществляется по соотношению расходов концентратной пульпы и выщелачивающего раствора.

Управление процессами фильтрования и сушки концентрата осуществляется по алгоритмам в рамках локальной АСУТП ФСК (рис. 6) по критериям переработки всей поступающей концентратной пульпы до минимальной влажности осадка на ленте вакуум-фильтра, скорость которой регулируется частотным преобразователем, при минимальном расходе топлива. Последнее обеспечивается стабилизацией давления в слое за счет изменения

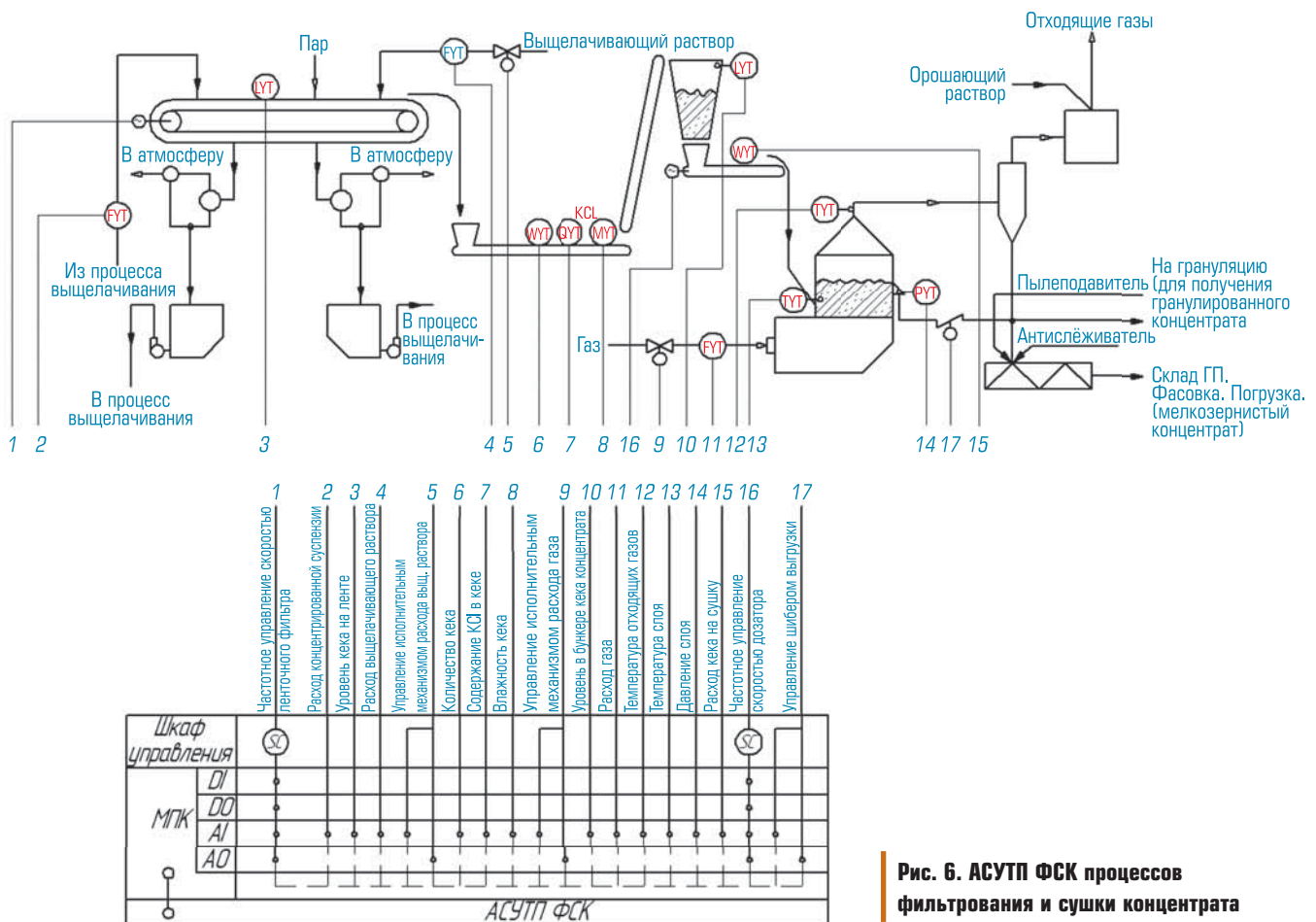


Рис. 6. АСУТП ФСК процессов фильтрования и сушки концентрата

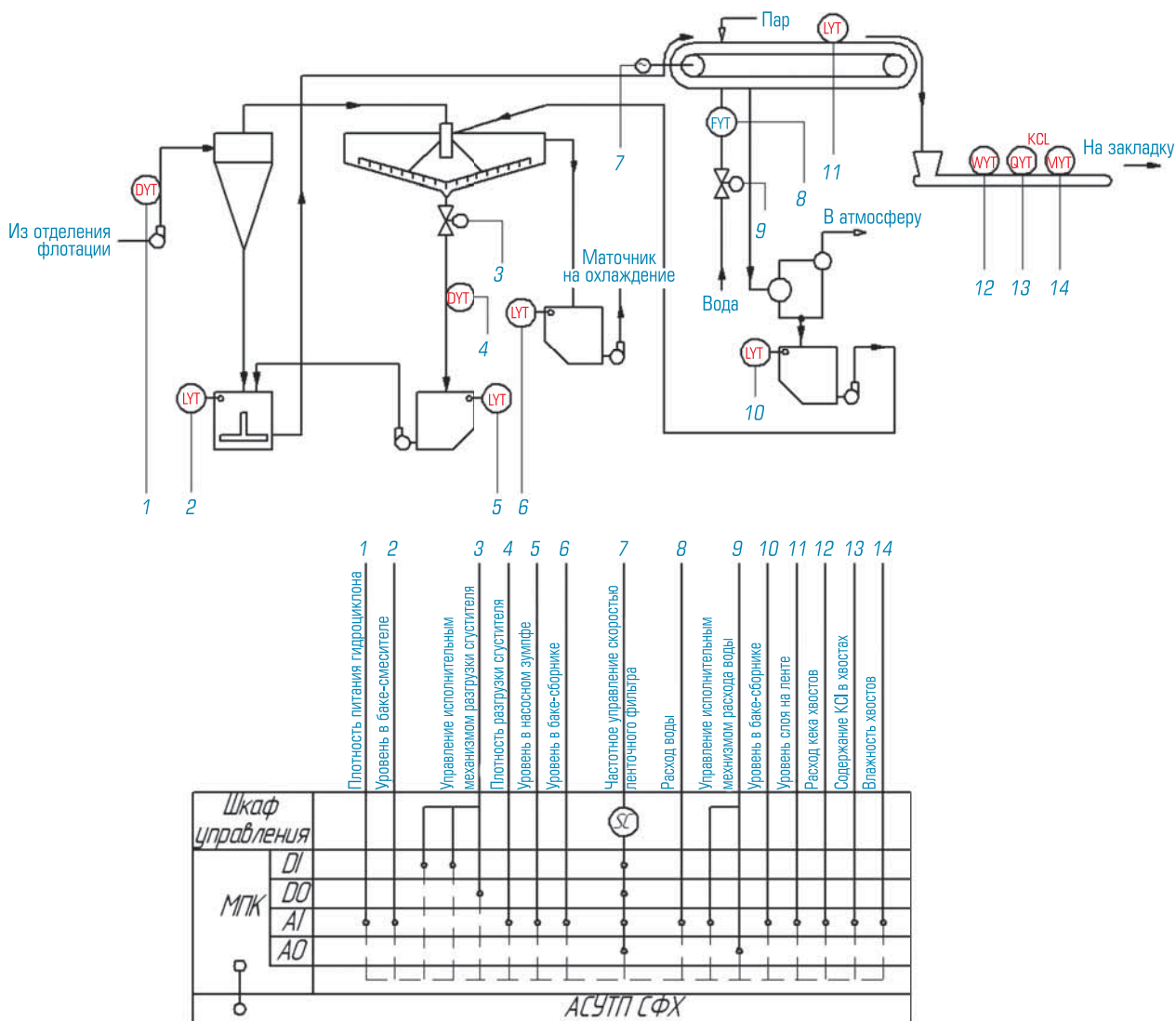


Рис. 7. Автоматизированное управление процессами сгущения и фильтрации хвостов сильвиновой флотации (АСУТП СФХ), направляемых на закладку подземных выработанных пространств

объемов подачи материала в аппарат путем частотного регулирования скорости ленты дозатора, а также поддержанием температуры в слое или в отходящих газах, воздействием на расход топлива и автоматической выгрузкой готового концентрата. Количество кека концентрата, его качество и влажность определяют с использованием комплексной информационно-измерительной системы на базе тензометрического весоизмерителя, инфракрасного влагомера типа KETT JE-400 и конвейерного лазерного атомно-эмиссионного on-line-анализатора минеральных материалов MAYA-6060. Доводка качества кека концентрата до заданного значения обеспечивается подачей выщелачивающего раствора на вакуум-фильтр в количестве, зависящем от расхода кека и содержания в нем KCl [7].


В связи с использованием текущих отходов (хвостов) флотации калийных руд в качестве закладочного материала для заполнения выработанных пространств подземных рудников разработана локальная АСУТП СФХ (рис. 7) для управления процессом их

сгущения и фильтрации по критериям минимизации потерь KCl с жидкой фазой (маточным раствором) и влажности осадка на ленте вакуум-фильтра, аналогичная по методам и техническим средствам локальной АСУТП СФХ (см. выше).

В соответствии с концепцией создания автоматизированной системы управления производством (АСУП), а затем и в целом предприятием, показанные выше локальные АСУТП интегрированы в общую АСУ КТП, которая объединяет все технологические переделы обогатительного комплекса, обеспечивая при этом эффективное управление всем циклом рудоподготовки и обогащения поступающей на переработку рудной массы по критериям минимизации удельных затрат, выполнения заданных объемов и качества товарной продукции.

В заключение следует подчеркнуть, что создание, освоение и эффективное использование АСУТП и АСУ, соответствующих современному мировому уровню, является наиболее убедительным признаком инновационного развития предприятия.

Библиографический список

1. Поздеев А. А., Земсков А. Н. Проекты ООО «ЗУМК-Инжиниринг» в освоении калийных месторождений стран СНГ // Технология ведения горных работ и производство техники для горнодобывающей промышленности : сб. науч. тр. — Пермь, 2009. № 4. С. 6–10.
2. Пермяков Р. С., Егоров С. В., Колпиков Г. Г. Технология и автоматизация производства калийных удобрений / под общ. ред. А. Г. Злобинского — Л. : Химия, 1973. — 160 с.
3. Титков С. Н., Мамедов А. И. Обогащение калийных руд / под общ. ред. Е. И. Соловьева — М. : Недра, 1982. — 216 с.
4. Поляков А. Е. Разработка технологии высококачественных калийных удобрений флотационным и комбинированным способами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Минск, 1983. — 22 с.
5. Турко М. Р., Махлянкин И. Б., Подлесная З. С., Зеленкина В. Г. Результаты исследовательских работ по совершенствованию флотационного способа обогащения калийных руд Старобинского месторождения // Совершенствование процессов обогащения калийной промышленности : сб. науч. тр. — Л. : ВНИИГ, 1974. С. 229–241.
6. Абрамов А. А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. В 3-х т. — М. : Изд-во МГГУ, 2004.
7. Вишняк Б. А. Автоматизированное управление процессами усреднения качества руды, сгущения шлам, выщелачивания концентрата и сушки готового продукта на сивинитовых обогатительных фабриках РУП «Беларуськалий» / Технология ведения горных работ и производство машин и механизмов для горнодобывающей промышленности : сб. науч. тр. — Пермь, 2007. № 3. С. 121–139.
8. Головкин Б. Ю. Системы и средства автоматизации обогатительных фабрик. — М. : Недра, 1990. — 232 с.
9. Головкин Б. Ю., Колпиков Г. Г., Рейбман Л. А. Автоматизация калийных обогатительных фабрик. — М. : Недра, 1983. — 198 с.
10. Олейников В. А., Тихонов О. Н. Автоматическое управление технологическими процессами в обогатительной промышленности. — Л. : Недра, 1966. — 291 с.
11. Василенко А. А. Анализ и синтез систем автоматического дозирования реагентов на сивинитовых обогатительных фабриках : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — СПб., 1992. — 20 с. 

Шемет Сергей Федорович,
e-mail: bmc1@bmc1.by

Турко Михаил Романович,
e-mail: tela7@bk.ru

Вишняк Борис Андреевич,
e-mail: info@zumk.ru

Волчок Сергей Федорович,
e-mail: belaruskalioffuce@kali.by

Миськов Евгений Михайлович,
e-mail: tela7@bk.ru

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS IN MODERN TECHNOLOGIES OF POTASSIUM CONCENTRATION PLANTS

Shemet S. F. 1, Chief Executive Officer, Doctor of Engineering Sciences, e-mail: bcm1@bcm1.by

Turko M. R. 1, Head of Technological Laboratory, Candidate of Engineering Sciences

Vishnyak B. A. 2, Head of Science and Technical Center, Candidate of Engineering Sciences

Volchok S. F. 3, Head of Automation Department

Miskov E. M. 1, Researcher, Master of Engineering Sciences

¹ «Belgorkhimprom» JSC (Minsk, Republic of Belarus)

² «West Ural Machine Building Concern-Engineering» LLC (Soligorsk, Republic of Belarus)

³ «Belaruskali» JSC (Soligorsk, Republic of Belarus)

Modern technology of concentration of potassium ores is a complex branched system of interconnected and interdependent production stages. According to this, the most important and integral part of designing, construction and exploitation of this technology is an appropriate automated control system on the basis of high-accuracy modern means of automated control and management, using computer engineering and microprocessor-based controllers by optimally developed algorithms. Automated control system unifies all technological production stages of concentration complex. At the same time, there is provided the efficient management of whole ore preparation cycle and concentration of ore mass, delivered to processing, by criteria of minimization of specific costs, realization of given amounts and quality of marketable products.

Key words: potassium ores, ore preparation, crushing, averaging, grinding, desludging, flotation concentration, condensation, filtration, drying, control of technologies and production, local automated systems of technological process control, integrated automated system of process control.

REFERENCES

1. Pozdeev A. A., Zemskov A. N. Proekty Obshchestva s Ogranichennoy Otvetstvennostyu «Zapadno-Uralskiy mashinostroitelnyy kontsern-Inzhiniring» v osvoenii kaliynykh mestorozhdeniy stran SNG (Projects of «West Ural Machine Building Concern-Engineering» LLC in mastering of potassium deposits of CIS countries). *Tekhnologiya vedeniya gornyykh rabot i proizvodstvo tekhniki dlya gomodobvyayushchey promyshlennosti : sbornik nauchnykh trudov* (Technology of mining operations and production of mining industry equipment : collection of scientific proceedings). Perm, 2009, No. 4, pp. 6–10.
2. Permyakov R. S., Egorov S. V., Kolpikov G. G. *Tekhnologiya i avtomatizatsiya proizvodstva kaliynykh udobreniy* (Technology and automation of production of potassium fertilizers). Under the general editorship of A. G. Zlobinskiy. Leningrad : Khimiya, 1973, 160 p.
3. Titkov S. N., Mamedov A. I. *Obogashchenie kaliynykh rud* (Concentration of potassium ores). Under the general editorship of E. I. Solovov. Moscow : Nedra, 1982, 216 p.
4. Polyakov A. E. *Razrabotka tekhnologii vysokokachestvennykh kaliynykh udobreniy flotatsionnykh i kombinirovannykh sposobami : avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk* (Development of technology of high-quality potassium fertilizers by flotation and combined methods : thesis of inauguration of Dissertation ... of Candidate of Engineering Sciences). Minsk, 1983, 22 p.
5. Turko M. R., Makhlyankin I. B., Podlesnaya Z. S., Zelenkina V. G. Rezultaty issledovatel'skikh rabot po sovershenstvovaniyu flotatsionnogo sposoba obogashcheniya kaliynykh rud Starobinskogo mestorozhdeniya (Results of research operations on improvement of flotation method of concentration of Starobinsky deposit potassium ores). *Sovershenstvovanie protsessov obogashcheniya kaliynykh promyshlennosti : sbornik nauchnykh trudov* (Improvement of processes of concentration of potassium industry : collection of scientific proceedings). Leningrad : B. E. Vedenev All-Russian Scientific-Research Institute of Hydraulic Engineering, 1974, pp. 229–241.
6. Abramov A. A. *Pererabotka, obogashchenie i kompleksnoe ispolzovanie tverdykh poleznykh iskopaemykh. V trekh tomakh* (Processing, concentration and complex usage of solid minerals. In three volumes). Moscow : Publishing House of Moscow State Mining University, 2004.
7. Vishnyak B. A. *Avtomatizirovannoe upravlenie protsessami usredneniya kachestva rudy, sgushcheniya shlamov, vyshchelachivaniya kontsentrata i sushki gotovogo produkta na silivinitovykh obogatitelnykh fabrikakh Respublikanskogo Unitarnogo Predpriyatiya "Proizvodstvennoe obiedinenie «Belaruskali»* (Automated control of processes of averaging of ore quality, slimes' thickening, concentrate leaching and drying of finished product at sylvinit concentration plants of «Belaruskali» JSC). *Tekhnologiya vedeniya gornyykh rabot i proizvodstvo mashin i mekhanizmov dlya gomodobvyayushchey promyshlennosti : sbornik nauchnykh trudov* (Technology of mining operations and manufacturing of machines and mechanisms for mining industry : collection of scientific proceedings). Perm, 2007, No. 3, pp. 121–139.
8. Golovkov B. Yu. *Sistemy i sredstva avtomatizatsii obogatitelnykh fabrik* (Systems and means of automation of concentration plants). Moscow : Nedra, 1990, 232 p.
9. Golovkov B. Yu., Kolpikov G. G., Reybman L. A. *Avtomatizatsiya kaliynykh obogatitelnykh fabrik* (Automation of potassium concentration plants). Moscow : Nedra, 1983, 198 p.
10. Oleynikov V. A. *Avtomaticheskoe upravlenie tekhnologicheskimi protsessami v obogatitelnoy promyshlennosti* (Automatic control of technological processes in concentration industry). Leningrad : Nedra, 1966, 291 p.
11. Vasilenko A. A. *Analiz i sintez sistem avtomaticheskogo dozirovaniya reagentov na silivinitovykh obogatitelnykh fabrikakh : avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk* (Analysis and synthesis of systems of automatic batching of reagents at sylvinit concentration plants : thesis of inauguration of Dissertation ... of Candidate of Engineering Sciences). Saint Petersburg, 1992, 20 p.