

УДК 622.132:658.012.011.56

Б.А. Вишняк, А.А. Поздеев

О ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СОВРЕМЕННОЙ КАЛИЙНОЙ ФЛОТАЦИОННОЙ ФАБРИКИ

Предложена ориентировочная модель современной калийной флотационной фабрики, воедино связывающая передовые направления технологии обогащения и автоматизации процессов. Показано, что современная калийная фабрика — это автоматизированный высокотехнологичный комплекс по переработке сильвинитовой руды.

Ключевые слова: технология обогащения, автоматизация процессов, технологическая схема, калийная фабрика, измельчение, флотация, оборудование, системы контроля и управления.

Основным направлением в технологии обогащения и автоматизации процессов современной калийной флотационной фабрики является получение высококачественных удобрений с минимальными потерями полезного вещества и высокими технико-экономическими показателями.

Выпуск удобрений с улучшенными физико-химическими свойствами обусловлен потребностями сельского хозяйства, экономикой производства и повышенным спросом на мировом рынке. Поэтому, совершенствование технологии обогащения калийных руд за счет разработки и внедрения более отработанных технологических схем, нового высокопроизводительного и эффективного оборудования, реагентных режимов, полной автоматизации производственных процессов, в настоящее время актуально и востребовано [1]. Актуальность совершенствования технологии обогащения обусловлена еще и необходимостью разработки и освоения новых калийных месторождений Узбекистана, Казахстана и Туркмении по выпуску конку-

рентоспособных калийных удобрений для обеспечения собственных и мировых рынков [2]. С этой целью разработана и предлагается как бы некоторая ориентировочная модель современной калийной флотационной фабрики, воедино связывающая передовые направления технологии обогащения и автоматизации процессов.

Технология обогащения и автоматизация процессов современной калийной флотационной фабрики разработаны на основе многолетних научно-исследовательских работ, опыта работ калийных обогатительных фабрик РУП ПО «Беларуськалий», ОАО «Сильвинит» и ООО «Уралкалий» [3, 4, 5]. Представленные материалы являются обобщенными и при их использовании для конкретных флотафабрик они должны быть скорректированы с учетом заданной годовой производительности по готовому продукту, результатов испытаний на обогатимость перерабатываемых руд, расчетами материального и водного балансов, качественно-количественной и водно-шламовой схем.

Предлагаемая технологическая схема обогащения для современной калийной флотационной фабрики показана на примере одной технологической секции, графическое изображение которой представлено на рис. 1. Исходная руда из бункера крупной руды 1 дозатором 2 подается на грохот 3 предварительного грохочения. Надрешетный продукт направляется в дробилку 4, а подрешетный смешивается с дробленным продуктом и дозатором-формователем 5 в комплекте с измерителями количества и качества руды через распределительную камеру 6 посредством ленточных конвейеров 7, 11, 12, тележки-конусоукладчика 8, кратцер крана 10 поступает на фабрику, на склад, со склада. При своем перемещении и складировании руда соответствующим образом усредняется, а затем конвейером со сбрасывающей тележкой 13 распределяется по приемным бункерам 14, 15. Ленточными дозаторами 16, 17, оборудованными измерителями нагрузки и качества, руда из приемных бункеров подается на дуговые грохота 18, 19 предварительной классификации. Перед дуговыми грохотами руда смешивается в течках дозаторов с маточным раствором.

Надрешетный продукт предварительной классификации поступает в стержневую мельницу 20. Слив мельницы подается на дуговые грохота 21, 22 для поверочной классификации. В операцию поверочной классификации подается также пенный продукт контрольной сильвиновой флотации (из поз. 36). Оптимальное разжижение питания операций измельчения и поверочной классификации обеспечивается оборотным маточным раствором. Оптимальная (флотационная) круп-

ность измельчения определяется степенью раскрытия зёрен сильвина от галита, флотационной активностью реагентов и эффективностью применяемого флотационного оборудования.

Подрешетные продукты предварительной и поверочной классификации, разбавленные маточным раствором, направляются в операцию первой стадии обесшламливания.

Целью обесшламливания является снижение массовой доли нерастворимого остатка (н.о.) в суспензии, поступающей на флотацию.

Первая стадия обесшламливания проводится в гидроциклоне 25. Слив гидроциклона при крупности твердой фазы менее $0,15 \pm 0,25$ мм направляется в операцию второй стадии обесшламливания.

Вторая стадия обесшламливания проводится в гидросепараторе 26, где при определённой расчётной и экспериментальной скорости восходящего потока выделяются в слив тонкие минеральные зёрна, представленные, в основном, нерастворимым остатком с примесью галита и сильвина.

Слив гидросепаратора направляется в операцию сгушения. Пески гидроциклона первой стадии обесшламливания и пески гидросепаратора второй стадии обесшламливания являются питанием сильвиновой флотации.

В схеме применён принцип раздельного кондиционирования питания сильвиновой флотации, состоящего из крупной (песков гидроциклона) и тонкой (песков гидросепаратора) фракций, с реагентом-депрессором [6]. В качестве депрессора применяются крахмалсодержащие

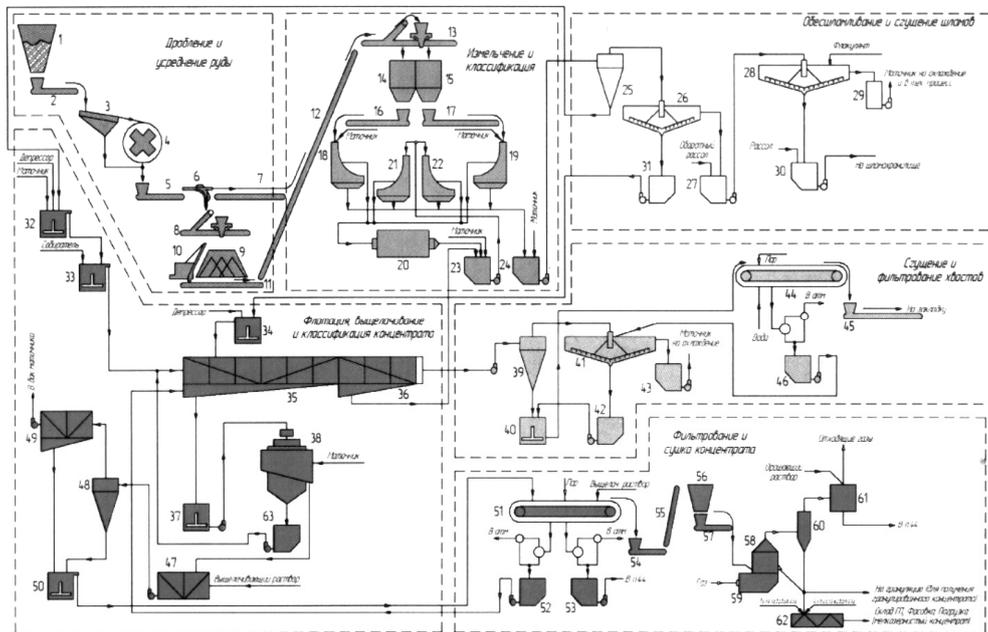


Рис. 1. Предлагаемая технологическая схема обогащения для современной калийной флотационной фабрики:

1 — Бункер крупной руды; 2 — Дозатор — питатель; 3 — Грохот; 4 — Молотковая дробилка; 5 — Дозатор — формирователь; 6 — Распределительная камера с секторными шиберами; 7 — Ленточный конвейер; 8 — Тележка — конусоукладчик; 9 — Склад дробленой руды; 10 — Кратцер — кран; 11 — Конвейер со склада руды; 12 — Конвейер подачи руды на измельчение; 13 — Конвейер со сбрасывающей тележкой; 14, 15 — Приемные бункера дробленой руды; 16, 17 — Ленточные дозаторы; 18, 19 — Грохота предварительной классификации; 20 — Стержневая мельница; 21, 22 — Грохота поверочной классификации; 23 — Насосный зумпф разгрузки мельницы; 24 — Насосный зумпф; 25 — Гидроциклон; 26 — Гидросепаратор; 27 — Насосный зумпф; 28 — Сгуститель шлама; 29 — Бак — сборник маточного раствора; 30 — Насосный зумпф разгрузки сгустителя; 31 — Насосный зумпф разгрузки гидросепаратора; 32, 33, 34 — Контактные чаны; 35 — Флотомашина основной флотации; 36 — Флотомашина контрольной флотации; 37 — Бак — сборник; 38 — Пневмоэжекторная флотомашина; 39 — Гидроциклон хвостов; 40 — Бак — смеситель; 41 — Сгуститель хвостов; 42 — Насосный зумпф разгрузки хвостов; 43 — Бак — сборник маточного раствора; 44 — Ленточный вакуум — фильтр; 45 — Ленточный дозатор — формирователь; 46 — Бак — сборник маточного раствора; 47 — Выщелачивающая камера; 48 — Гидроциклон; 49 — Флотомашина для сгущения; 50 — Бак — сборник пульпы концентрата; 51 — Ленточный вакуум — фильтр; 52, 53 — Насосные зумпфы; 54 — Ленточный дозатор — формирователь; 55 — Конвейер подачи кека концентрата на сушку; 56 — Бункер кека концентрата; 57 — Дозатор; 58 — Аппарат "КС"; 59 — Топка аппарата "КС"; 60 — Циклон сухой очистки; 61 — КОП; 62 — Шнековый смеситель; 63 — Насосный зумпф разгрузки флотомашин

продукты. Реагентом-собирателем обрабатываются только пески гидроциклона первой стадии обесшламливания. В качестве собирателя применяются высокомолекулярные алифатические амины (катионный собиратель) с добавлением жидких парафинов (аполярный собиратель). Пенообразователем является сосновое масло. Кондиционирование песков гидроциклона первой стадии обесшламливания осуществляется последовательно в контактных чанах 32, 33, кондиционирование песков гидросепаратора депрессором — в контактном чане 34. Пески гидросепараторов после обработки депрессором поступают во вторую камеру флотационной машины основной сильвиновой флотации.

Операция основной и контрольной флотации осуществляется в механических флотационных машинах кипящего слоя (ФМ-6,3 КСМ). Технологическая схема сильвиновой флотации включает в себя основную 35, контрольную 36 флотацию и перечистную операцию в пневмоэжекторных флотомашин IMF V-35(поз.38). Предлагаемые флотомашин отличаются простотой управления, низкими капитальными и эксплуатационными затратами, высокой производительностью, большой высотой пенного слоя и системой его промывки, позволяющей получать концентрат более высокого качества.

Камерный продукт контрольной флотации (хвосты флотации) классифицируется в гидроциклоне 39. Слив гидроциклона поступает в операцию сгущения в сгустителе Ц-30 (поз. 41).

Пенный продукт перечистой флотации направляется в операцию растворения (выщелачивания) части содержащегося в продукте хлорида натрия в целях получения кондиционного по массовой доле хлорида калия сильвинового концентрата

(поз.47). В качестве растворяющего агента (выщелачивающего раствора) используются промывные воды систем пылегазоулавливания отделения сушилки и гранулирования. Для данной операции могут быть применены обычные камеры флотационной машины ФКМ-6,3. Однако, более целесообразным следует считать применение машины выщелачивания (одна на каждую секцию) специальной конструкции на базе турбинного или пропеллерно-винтового ротора.

После операции выщелачивания флотоконцентрат, разбавленный маточным раствором, классифицируется в гидроциклоне 48. Слив гидроциклона сгущается флотацией во флотационной машине 49. Камерный продукт флотационного сгущения направляется в баки чистого маточника, а пенный продукт и пески гидроциклона классификации концентрата направляются на обезвоживание.

Шламовая суспензия (слив гидросепаратора II стадии обесшламливания) из баков насосом перекачивается в шламовый сгуститель 28. Для увеличения скорости осаждения шламов применяется раствор флокулянта. Слив сгустителя шламов является осветлённым оборотным маточным раствором, направляемым в технологический процесс обогащения. Пески сгустителя при соотношении Ж:Т=1,5÷1,6 разбавляются оборотным рассолом и удаляются в шламохранилище.

Разгрузка хвостового сгустителя 41 через зумпф 42 насосом направляется в бак-смеситель 40, где смешивается с песками гидроциклона 39. Полученная суспензия направляется для обезвоживания на ленточный вакуум-фильтр 44, а затем на закладку. Количество хвостов, содержание в них массовой доли КСl, влажность хвостов оценивается по показаниям

приборов, установленных на ленточном дозаторе-формирователе 45 слоя, необходимого для измерения вышеуказанных параметров.

Пенный продукт флотосгушения (поз.49) и пески гидроциклона 48 через бак-сборник пульпы концентрата 50 направляются на фильтрование на центрифугу или ленточный вакуум-фильтр 51. Решение по применению обезвоживающего оборудования принимается после проведения экспериментальных научно-исследовательских работ по флотации, перечистным операциям и фильтрованию флотоконцентрата. Качество кека концентрата, его расход и влажность оценивается по показаниям приборов, установленных на сформировавшем слой дозаторе-формирователе 54. Для достижения кондиционного содержания КС1 в кек осадок дополнительно промывается выщелачивающим раствором, для снижения влажности обрабатывается паром. Кек концентрата после вакуум-фильтра подается на сушку в сушильный барабан или аппарат «КС» 58 (уточняется на стадии проектирования). Высушенный концентрат после сушки обрабатывается реагентом-антислеживателем и пылеподавателем в шнековом барабане-смесителе 62, а затем направляется на склад готовой продукции на фасовку, погрузку или на грануляцию для получения гранулированного концентрата.

При необходимости постоянного выпуска гранулированных удобрений, целесообразно разделить потоки мелкой и крупной фракций хлористого калия на отдельные потоки на стадии обезвоживания с дальнейшей подсушкой потока мелкой фракции и постоянной транспортировкой его в цех грануляции с подмешиванием сухой пыли, удаляемой из сушильных аппаратов.

В табл. 1 представлен предлагаемый перечень оборудования и его тип, определенный расчетом и выбором [7, 8] в соответствии с качественно-количественной схемой и сравнительным анализом от различных производителей.

Основное технологическое оборудование поставляется в комплекте с системами контроля и управления, которые в дальнейшем интегрируются в автоматизированные системы управления технологическими процессами и производством в целом. Компания ООО «ЗУМК-Инжиниринг», входящая в состав Группы предприятий Западно-Уральского машиностроительного концерна, является одним из основных поставщиков передовых технологий, надежного и высокоэффективного оборудования для горно-обогатительных производств России и стран СНГ, в том числе и от ведущих мировых производителей.

Основные преимущества предлагаемой технологической схемы применительно к современной флотационной калийной фабрике следующие:

1. Создана принципиально новая, менее энергоемкая технологическая схема перечистой флотации за счет пневмоэжекторных и колонных флотомашин, обладающих большой селективностью разделения сильвина от галита в высоком пенном слое и обеспечивающих повышение технологических показателей и снижение потребления электроэнергии.

2. Предложены гидросепараторы с большой цилиндрической высотой и центральным приводом в комплекте с автоматизацией по поддержанию степени разжижения разгрузки.

3. Для сгущения глинисто-солевых шламов, солевых шламов хвостов флотации и осветления маточного раствора предложены металлические сгустители с центральным приводом и большой цилиндрической высотой в комплекте с автоматизацией принудительной выгрузки сгущенного шлама, обеспечивающей постоянную степень разжижения и снижение потерь ценного компонента за счет интенсивности процесса сгущения шламовых отходов (уменьшения объемов сбрасываемого в шламохранилище маточного раствора и снижения средств на капитальное строительство шламохранилищ). Переход от железобетонных конструкций сгустителей на металлические обусловлен снижением затрат на капитальные ремонты, а также при необходимости повышения производительности за счет возможности наращивания цилиндрических чаш сгустителей.

4. Для фильтрации концентрата и хвостов применены высокопроизводительные ленточные вакуум-фильтры с пропаркой кека и автоматизированным приводом для изменения скорости движения ленты, обеспечивающей снижение влажности осадка.

Автоматизированное управление процессами рассматривается и разрабатывается комплексно с технологической схемой с учетом высоких требований автоматизации к технологии и технологии к автоматизации и выполняется одним разработчиком. Основная концепция при автоматизации современной калийной фабрики: комплектная поставка технологического оборудования и средств автоматизации от одного производителя. Автоматический контроль и управление процессами обогащения силвинитовой руды на калийной фабрике рекомендуется осуществлять на базе высокоточных современных средств

автоматического контроля и управления с использованием промышленных ПЭВМ и микропроцессорных контроллеров в рамках АСУТП по оптимально разработанным алгоритмам. Управление должно осуществляться по критерию: минимизация суммарных приведенных затрат на единицу выпускаемой продукции. В нашем случае, общая задача управления будет заключаться в обеспечении переработки всего поступающего на фабрику количества руды для получения калийного концентрата заданного качества и в заданном количестве при минимальных экономических затратах на получение единицы продукции.

Решение общей задачи обеспечивается последовательным решением задач на каждом из переделов посредством локальных АСУТП, объединенных в общую АСУТП, затем в фабричную сеть MES-системы для оперативно-диспетчерского управления производством и далее в сеть рудоуправления — автоматизированную систему управления предприятием ERP-систему.

На рис. 2 представлена функциональная схема автоматизации процессов обогащения (начало-окончание) современной калийной флотационной фабрики. Структура автоматизированного управления процессами организована в виде трехуровневой, иерархической, распределенной информационно-управляющей системы, где на первом уровне контрольно-измерительные приборы и средства локальной автоматизации; на втором — локальные АСУТП каждого технологического передела на базе программируемых микропроцессорных контроллеров и станций операторов-технологов; на третьем — общая АСУТП на базе контроллера сетевого концентратора, предназначенного

Предлагаемый перечень основного технологического оборудования современного калийной флотационной фабрики

№ п/п	Отделение	Вид оборудования	Тип оборудования	Завод-изготовитель		
1	Дробление и усреднение	Дозатор весовой автоматический	ДИА	ПП ЗУМК (РФ)		
		Грохот тяжелого типа	ДЛНД	ОАО «Брестмаш» (г.Брест, Беларусь)		
		Молотковая дробилка	ГИТ-51М	ОАО «Рудомаш» (г.Воронеж, РФ)		
2	Измельчение и классификация	Дозатор весовой автоматический	СМ-170В	ПО «Дробмаш» (г.Выкса, РФ)		
		Стержневая мельница с центральной разгрузкой	ДИА-1	ПП ЗУМК (РФ)		
		Дуговые грохота для предварительной и поверочной классификации	МСП 3,2x4,5	ОАО «Брестмаш» (г.Брест, Беларусь)		
			Мельница стержневая	ПО «Уралмаш» (г.Екатеринбург, РФ)		
		Гидроциклоны для I-ой стадии обесшламливания	Мельница стержневая	FLSmidth Minerals (Дания)		
			СД-2	Outotec (Финляндия)		
3	Обесшламливание и ступление шламов	Гидроциклоны для I-ой стадии обесшламливания	СВП-710	ПП ЗУМК (РФ); ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск, Беларусь)		
		Гидросепаратор для II-ой стадии обесшламливания	KREBS	г.Солигорск, Беларусь		
			Ц-24	FLSmidth Minerals (Дания)		
		Стуститель	Стуститель компактный высокопроизводит.	Ц-30	ОАО «Труд» (г.Новосибирск, РФ)	
				SUPAFLO	ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск, Беларусь)	
			АКА-SET	Outotec (Финляндия)		
			Д-10	АКВ (Германия)		
		4	Флотация, выщелачивание и классификация концентрата	Флотомашина для основной и контрольной флотации сильвина	ФКМ-6,3; ФМ-6,3 КСМ;	ОАО «Усольмаш» (г.Усолье, РФ) ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск, Беларусь)
				Пневмоэжекторная флотомашина для перечистных операций	Denver	Denver (США)
					SkimAir	Outotec (Финляндия)
Флотомашина для перечистных операций	WEMCO SmartCell			FLSmidth Minerals (Дания)		
	IMF V-35			ООО «Пассат» (г.Солигорск, Беларусь)		
Флотомашина для перечистных операций	Слем/Джет			СЕТСО (США)		
	ФКМ-6,3	ОАО «Усольмаш» (г.Усолье, РФ)				

	раший	ФМ-6,3 КСМ	ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск,Беларусь)
	Флотомашина для выщелачивания	ТанкCell ФКМ-6,3	Outotec (Финляндия) ОАО «Усольмаш» (г.Усолье, РФ)
	Флотомашина для сгущения тонкой фракции флотоконцентрата	ФМ-6,3 КСМ К4-9,10 ФКМ-6,3 ФМ-6,3 КСМ	ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск,Беларусь) ОАО «Усольмаш» (г.Усолье, РФ) ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск,Беларусь)
	Гидроциклон для классификации флотоконцентрата	ГЛР-500 СВП-500	ОАО «Усольмаш» (г.Усолье, РФ) ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск,Беларусь)
5	Фильтрование и сушка концентрата	КРЕБС 32В4 СЕТСО ЕМСО 2М10 ДЛЛ-2 ДЛФА АКС	FLSmidth Minerals (Дания) FAMAKO (Германия) СЕТСО (США) FLSmidth Minerals (Дания) ПТ ЗУМК (РФ) ОАО «Брестмаш» (г.Брест, Беларусь) ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск,Беларусь)
	Аппарат «кипящего слоя»	СЕТСО	СЕТСО (США)
	Сушилка барабанного типа	БН-3,2-22	ПО «Уралмаш» (г.Екатеринбург, РФ)
6	Сгущение и фильтрование хвостов флотации	СЕТСО СВП-500 КРЕБС Ц-30 SUPAFLO 23В4 СЕТСО ЕМСО 2М10 ДЛЛ-2 ДЛФА	ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск,Беларусь) FLSmidth Minerals (Дания) ОАО «Груд» (г.Новосибирск,РФ) ОАО «ЛМЗ Универсал» (г.Солигорск,Беларусь) Outotec (Финляндия) FAMAKO (Германия) СЕТСО (США) FLSmidth Minerals (Дания) ПТ ЗУМК (РФ) ОАО «Брестмаш» (г.Брест, Беларусь)

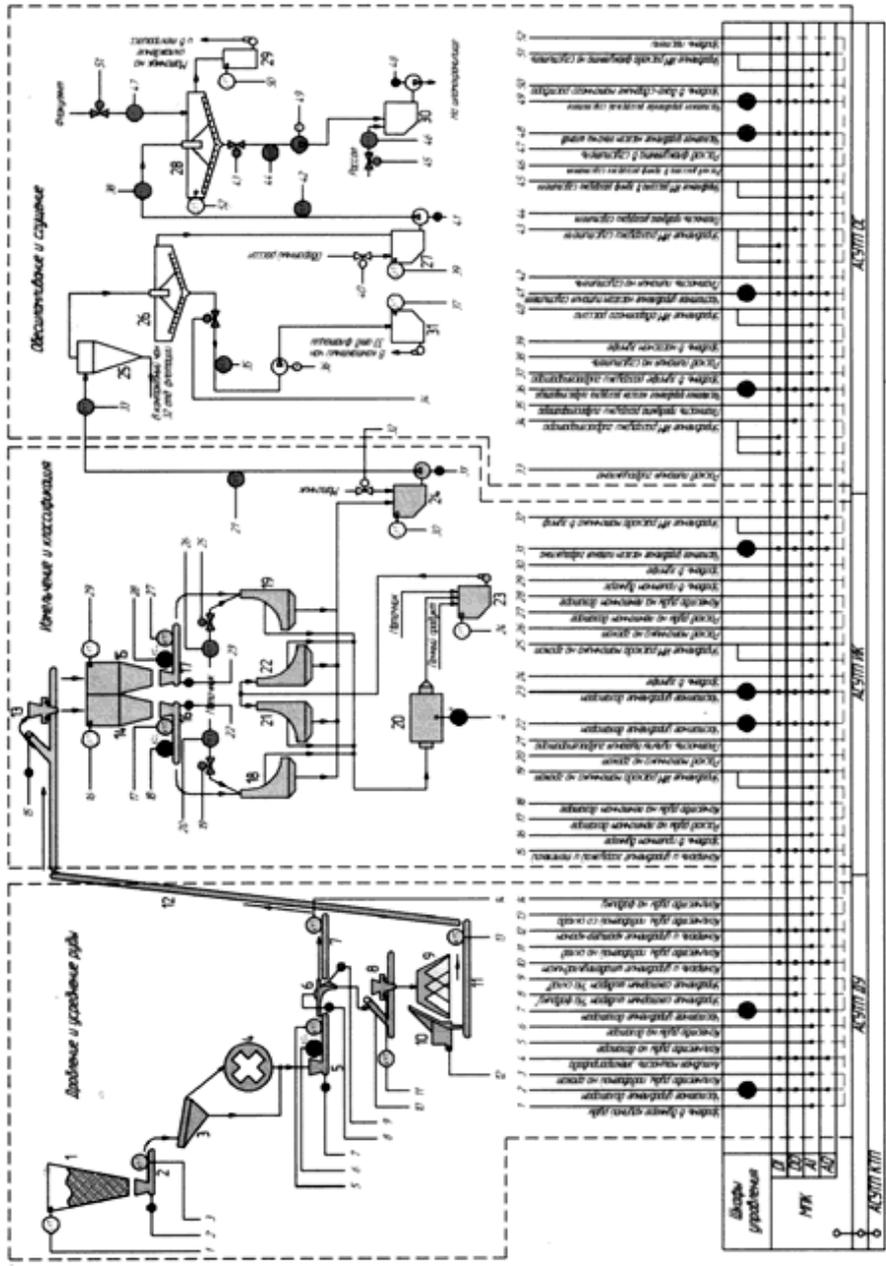


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации процессов обогащения современной калийной флотационной фабрики (начало)

для сбора информации с локальных систем управления и станций операторов комплекса технологических переделов. При автоматизации технологических переделов, особо большое значение на флотофабрике должно отводиться рудоподготовке, как с точки зрения как технологии, так и ее управления. Основной задачей управления процессами рудоподготовки является обеспечение переработки(дробления) всей поступающей с рудника руды до кондиционного по крупности класса и стабилизация качества дробленной руды по содержанию массовой доли КСІ. Стабилизация входных параметров качества и количества руды на фабрику улучшает в целом работу всех последующих переделов и позволяет получить значительный эффект за счет повышения извлечения, уменьшения расхода реагентов и электроэнергии [9]. Решение поставленной задачи обеспечивается локальной АСУТП отделения дробления и усреднения (АСУТП ДУ). Регулирование (стабилизация) количества (17, 27) и качества (18, 28) руды, подаваемой на измельчение, обеспечивается по алгоритмам усреднения [10] руды на складе и изменения потоков руды на фабрику, на склад и со склада посредством изменения (8, 9) положения секторных шиберов распределительной камеры, программного управления (10) штабелю-укладчиком конусного складирования и заданным управлением (12) работой кратцер-крана. Качество (6, 18, 28) дробленной руды измеряется непосредственно на лентах дозаторов, сформировавших потоки для измерения, радиоактивным методом на базе гамма или бета-зонда [11].

Основной задачей управления процессом измельчения является максимизация содержания кондиционных

классов в продукте, направляемом на флотацию, при заданной производительности. Решение данной задачи обеспечивается АСУТП отделения измельчения и классификации (АСУТП ИК) регулированием (стабилизацией) питания мельницы путем изменения скорости ленты каждого из дозаторов мельницы посредством частотного управления (22, 23).

Плотность питания мельницы регулируется (стабилизируется) по соотношению «расход руды — расход маточного раствора» воздействием на расход маточника (19, 25).

Контроль стержневой загрузки в мельнице оценивается величиной активной составляющей мощности (4) электропривода мельницы [12].

Многочисленными исследованиями [13] доказано, что мощность привода зависит только от стержневой загрузки мельницы и не зависит от ее рудной нагрузки. Это справедливо только для стержневых мельниц с центральной разгрузкой. По активной мощности электропривода определяется стержневая загрузка. Каждой стержневой загрузке соответствует оптимальная рудная нагрузка. Следовательно, каждому значению активной мощности электропривода должна соответствовать своя оптимальная рудная нагрузка. Оптимальное соотношение рудной нагрузки и стержневой загрузки обеспечивает максимальный выход кондиционного класса в продукте после мельницы, снижает циркуляционные потоки и уменьшает расход электроэнергии.

Основной задачей управления процессом обесшламливания является более полное отделение песковой фракции гидроциклона от нерастворимого остатка на первой стадии обесшламливания и минимум потерь КСІ со шламовым продуктом в сливе

гидросепаратора на второй стадии обесшламливания. Решение поставленной задачи в предлагаемой концепции управления обеспечивается локальной АСУТП обесшламливания и сгущения шламов (АСУТП ОС) путем регулирования (стабилизации) питания по плотности (21) изменением расхода маточника (32) в поз.24 и производительности (33) посредством частотного управления (31) насосом с поз.24. Регулирование плотности разгрузки (35) гидросепаратора, измеряемой радиоизотопным плотномером фирмы RGI, обеспечивается изменением количества выгружаемого материала частотным управлением (36) насосом разгрузки.

Основной задачей управления процессом сгущения шламов является минимум потерь хлористого калия с жидкой фазой при откачке шламов на шламохранилище [10]. Решение поставленной задачи обеспечивается путем стабилизации расхода питания (38) на сгуститель посредством частотного управления (41) насосом, регулирования соотношения расходов питания грязного маточника (38) и флокулянта (47) с коррекцией по уровню (52) постели в сгустителе, регулирования (стабилизации) плотности разгрузки сгущенного продукта (44) (шламов) также посредством частотного управления (49) насосом разгрузки.

Флотация является одним из основных технологических переделов при производстве хлористого калия. Критерием управления процессом флотации является минимум потерь КСІ с хвостами при заданных значениях содержания КСІ в концентрате и заданной производительности. Зависимость: содержание КСІ в хвостах – расход реагентов имеет экстремальный характер. Минимуму содержания КСІ в хвостах будет соответствовать и

максимум извлечения в концентрат и высокое качество продукта [14]. Решение поставленных задач обеспечивается локальной АСУТП флотации, выщелачивания и классификации концентрата (АСУТП ФВК) по алгоритмам управления путем изменения (56, 74) расхода (58, 73) реагента-депрессора для отдельного кондиционирования крупной и мелкой фракций, распределяемых в 1-ую и 2-ую камеры основной флотации в зависимости от расхода и плотности пульпы, поступающей с песками гидроциклона (65, 66) и продуктом разгрузки гидросепаратора (71, 35). Расход собирателя (амин) (60) изменяется (61) по расходу (65, 71) и плотности пульпы (62) питания флотации. Содержание КСІ в камерном продукте после флотации измерить каким либо прибором до настоящего времени не представляется возможным. Единственной точкой измерения содержания КСІ в хвостах является ленточный дозатор-формирователь слоя (поз.45), установленный после хвостового ленточного вакуум фильтра. Он обеспечивает все условия для измерения потерь КСІ (105) радиоактивным методом на базе гамма или бета-зонда. Несмотря, на некоторую удаленность места измерения этого параметра, эта информация является важной и может служить основным корректирующим сигналом на управление процессом флотации изменением расхода реагентов. Для измерения расхода реагентов рекомендуется использовать расходомеры AXF фирмы Yokogawa или Promag фирмы Endress+Hauser, в качестве плотномеров — систему измерения плотности DD50 с блоком обработки информации Decon 21 фирмы RGI.

На пересчетной флотации важным является измерение расхода питания

(70) и его регулирование (стабилизация) частотным управлением (68) насосом питания. При частотном управлении рекомендуется использовать частотные преобразователи фирмы АВВ.

Управление процессом выщелачивания осуществляется по соотношению расходов концентратной суспензии (75) и выщелачивающего раствора (67).

Управление процессами фильтрации и сушки концентрата осуществляется в рамках локальной АСУТП ФСК по алгоритмам управления, обеспечивающих переработку всей поступающей на фильтрование концентратной суспензии (77) до минимальной влажности (83) осадка на ленте вакуум-фильтра изменением скорости ленты посредством частотного управления (76) и минимальным расходом топлива (86). Минимум расхода топлива обеспечивается стабилизацией давления (89) в слое изменением подачи материала (90) в аппарат путем изменения скорости ленты дозатора частотным управлением (91), поддержанием температуры в слое (88) или же температуры отходящих газов (87) воздействием на расход топлива (84) и автоматической выгрузкой (92) готового концентрата.

Влажность (82, 82, 83) кека концентрата, его количество и качество определяются комплексной информационно-измерительной системой [на базе микроволнового зонда Z20209 фирмы Franz-Ludwig и гамма или бета-зонда фирмы RGI, установленной на ленте формователя слоя. Окончательное (заданное) качество кека концентрата обеспечивается подачей (80) выщелачивающего раствора на вакуум-фильтр в зависимости от расхода кека (81) и содержания КСІ (82) в нем [10].

Управление сгущением и фильтрованием хвостов осуществляется в

рамках локальной АСУТП СФХ по критерию: минимум потерь КСІ с жидкой фазой (маточным раствором), то есть минимумом влажности осадка (106) на ленте вакуум-фильтра, что обеспечивается изменением скорости (99) движения ленты. Влажность осадка (106) на ленте вакуум-фильтра, его расход (104), содержание КСІ в осадке определяется комплексной ИИС, аналогичной ИИС на концентратном вакуум-фильтре.

Таким образом, автоматизированное управление отдельными технологическими переделами посредством локальных АСУТП увязывается в одну общую АСУТП КТП, которая объединяет технологические переделы и управляет всем комплексом процессов в целом, обеспечивая при этом решение общей задачи по переработке всего количества руды, поступающей на обогащение при минимальных удельных затратах и заданном качестве готового продукта.

Обобщая изложенный материал, можно сделать следующее заключение:

1. На основе многолетних научно-исследовательских работ, опыта работ калийных обогатительных фабрик, сравнительного анализа технологического оборудования, средств и систем автоматизации от различных производителей разработана и представлена некоторая ориентировочная модель современной калийной флотационной фабрики, воедино связывающая передовые направления технологии обогащения и автоматизации процессов.

2. Представлен перечень основного технологического оборудования от ведущих производителей, предложена технологическая схема современной калийной флотационной фабрики с применением как традиционного оборудования, используемого в калийной отрасли, так и вновь внедряемого и осваиваемого современного оборудования.

3. Определены критерии и задачи управления каждого технологического передела, разработана и представлена функциональная схема автоматизации процессов, разработана и предложена структура общей АСУТП, обеспечи-

вающая реализацию алгоритмов управления по каждому переделу и в целом по всей фабрике. Показано, что современная калийная фабрика — это высокотехнологичный автоматизированный комплекс по переработке руды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тетерина Н.Н., Сабиров Р.Х., Сквирский Л.Я.* Технология флотационного обогащения калийных руд. Соликамская типография, 2002. — 482 стр.;
2. *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. Сборник трудов ГП ЗУМК, ООО ЗУМК-Инжиниринг». Выпуск 4, Пермь, 2009. — с. 6—10;
3. *Пермяков Р.С., Егоров С.В., Колпиков Г.Г., Злобинский А.Г.* Технология и автоматизация производства калийных удобрений. Л., «Химия», 1973. — 160 стр.;
4. *Титков С.Н., Мамедов А.И., Соловьев Е.И.* Обогащение калийных руд. М.: Недра, 1982. — 216 стр.;
5. *Поляков А.Е.* «Разработка технологии высококачественных калийных удобрений флотационным и комбинированным способами»: — Автореферат. дис. канд. наук. — Минск, 1983 — 22 с.
6. *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. ВНИИГ, Л., 1974.
7. *Разумов К.А.* «Проектирование обогатительных фабрик» М., Недра 1970, 581 с.
8. *Нормы технологического проектирования предприятий калийной и соляной промышленности.* Часть 2. Флотационные и галургические обогатительные солефабрики. Минск, 1996. — 232 стр.;
9. *Абрамов А.А.* Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. В 3 т. — М.: Издательство МГУ, 2004. — 510 стр.;
10. *Вишняк Б.А.* Автоматизированное управление процессами усреднения качества руды, сгущения шламов, выщелачивания концентрата и сушки готового продукта на сильвинитовых обогатительных фабриках РУП «ПО «Беларуськалий»». / Технология ведения горных работ и производство машин и механизмов для горнодобывающей промышленности. Сборник трудов ГП ЗУМК, ООО ЗУМК-Инжиниринг». Выпуск 3, Пермь, 2007. — с. 121—139;
11. *Головков Б.Ю., Рейбман Л.А., Колпиков Г.Г.* Системы и средства автоматизации обогатительных фабрик. — М.: Недра, 1990. — 232 стр.
12. *Левчишин Ю.И., Кузьмин Н.И.* Контроль стержневой загрузки мельниц. / Сборник ВНИИГ «Разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами калийных фабрик». Ленинград, 1975.
13. *Отчет ВНИИГ* «Результаты технологического опробования цикла измельчения СОФ 1 РУ РУП «ПО «Беларуськалий»», 1972.
14. *Олейников В.А., Тихонов О.Н.* Автоматическое управление технологическими процессами в обогатительной промышленности. — Л. Недра, 1966 — 291 стр.;

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Вишняк Борис Андреевич — кандидат технических наук, начальник научно-технологического центра,

Поздеев Александр Александрович — генеральный директор, e-mail: pozdeev@zumk.ru
ЗУМК-Инжиниринг, e-mail: ntc.zumk@gmail.com