

### **Библиографический список**

1. Головин К.А. *Обоснование параметров и создание оборудования для гидроструйной цементации неустойчивых пород в горном производстве*. - Дис. докт. техн. наук.- Тула, 2007 г., 250 с.
2. Головин, К.А. *Разработка оборудования для укрепления дорожного полотна методом гидроструйной цементации* / К.А. Головин. – Тула: Известия Тульского государственного университета. Науки о земле, 2015.
3. <http://www.jet-grouting.ru/>
4. Белякова Е.В., Головин К.А., Ковалев Р.А., Копылов А.Б. *Гидроструйная цементация в дорожном строительстве*. Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. № 4. С. 120-126
5. Ковалев Р.А., Головин К.А., Копылов А.Б., Аккуратнов Е.А. *Способ укрепления слабых грунтов основания дорожного полотна*. Патент на изобр. RUS 2627347 15.06.2016
6. Golovin K., Kovalev R., Kopylov A. *The issues of cryojet technology application for rock cutting*. В сборнике: E3S Web of Conferences Electronic edition. 2018.
7. <https://sovet-ingenera.com/kanaliz/truby/prokladka-trub-metodom-prokola.html>
8. <http://www.mining-enc.ru/b/burovye-dolota>
9. <http://www.tehnoprok.com/production/oborudovanie-gnb/rasshiriteli-gnb>
10. <https://maxi-exkavator.ru/articles/encyclopedia/~id=218>
11. <https://files.stroyinf.ru/Data1/11/11823/>

УДК 661.832.321.2

### **ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ УЗЛА СИЛЬВИНОВОЙ ФЛОТАЦИИ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»**

**Волошина Р.И.**

*Филиал БНТУ «Солигорский государственный горно-химический колледж»*

*В статье рассматриваются современные флотационные машины, требования к ним, обоснование реконструкции схемы флотации в условиях обогатительной фабрики ОАО «Беларуськалий»*

Аппаратурное оформление схемы флотации во многом определяется конструкцией применяемых для процесса флотационных машин. Объектом исследования данной работы является узел сильвиновой флотации с применением флотомашин современных конструкций в условиях обогатительной фабрики ОАО «Беларуськалий».

Цель данной работы – исследовать возможности узла флотации для повышения технико-экономических показателей работы фабрики. Для реализации цели поставлены следующие задачи: дать сравнительную характеристику современным флотационным машинам, рассмотреть требования к ним; исследовать возможности схемы сильвиновой флотации, определить пути повышения качества концентрата и снижение потерь хлористого калия; проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Практика промышленного применения флотационных машин для обогащения различных полезных ископаемых, исследование процессов, происходящих во флотационных машинах при пенной флотации и изучение гидроаэродинамики машин позволяют сформулировать следующие требования к современным конструкциям флотационных машин: равномерная аэрация пульпы при высокой степени диспергирования воздуха и оптимальном соотношении тонкодисперсных и более крупных (не-сущих) пузырьков; нахождение во взвешенном состоянии и в условиях тесного контакта с пузырьками воздуха твердых частиц в пульпе, энергичное перемешивание в нижней зоне камеры и спокойное состояние в верхней зоне; оптимальное соотношение между количеством флотационной пены и скоростью ее удаления; непрерывность флотации; возможность регулировки высоты уровня пульпы и пены, величины внутрикамерной циркуляции и аэрации пульпы. Кроме этих требований, к флотационной машине предъявляются общетехнические требования. Работу флотационных машин характеризуют технологические и технико-экономические показатели: извлечение и содержание полезных компонентов в концентратах и хвостах, продолжительность флотации, производительность, удобство ремонта, занимаемая площадь и т.д..

Высокоглинистые сильвинитовые руды Старобинского месторождения перерабатываются флотационным методом после 5-ти стадийного гидромеханического и флотационного обесшламливания. Рассмотрим конструкцию флотационных машин,

применяемых для флотации крупного зерна  $-1,25(1,0) + 0,18$  мм: ФМ-6,3 КСМ, ФМ-6,3 КСА и ЭФМ-41.

Флотационная машина ФМ-6,3 КСМ представляет собой ванну, разделенную перегородками на ряд прямоугольных камер. Основные сборочные узлы флотомашин: карман загрузочный; камеры; блок импеллера. Между камерами перегородки. Днище камеры футеровано плитками каменного литья. В днище имеется отверстие для выпуска пульпы. В каждой камере на уровне центра всасывающей или циркуляционной трубы установлены решетки «кипящего слоя» - металловарные конструкции, выполненные из уголков. Площадь живого сечения решетки – 15-20%. Решетка составлена из четырех карт. Блок импеллера устанавливается на корпусе камеры и состоит из вращающейся и неподвижной частей. Неподвижная часть состоит из корпуса шпинделя, внутри которого установлены два стакана – верхний и нижний для подшипников качения. Корпус шпинделя соединяется с трубой статора, к которой болтами крепится гуммированный статор. Для регулирования зазора между нижней плоскостью статора и импеллером предусмотрены прокладки. В нижней части трубы статора имеются четыре отверстия для циркуляции пульпы. В промежуточных камерах машины в отверстие вставляется труба, соединяющая блок импеллера с циркуляционным карманом. На статоре также имеются циркуляционные отверстия. Вращающаяся часть блока импеллера состоит из вала, на верхнем конце которого закреплен шкив, а на нижнем – гуммированный импеллер. Вращение импеллеру передается через клиноременную передачу от индивидуального двигателя. Пружинные амортизаторы гасят толчки, возникающие при работе импеллера.

К недостаткам применяемых машин ФМ-6,3 КСМ относят: отсутствие достаточной и регулируемой аэрации; большой расход электроэнергии; отсутствие надежного регулирования съема пены; несовершенство успокоительных устройств. Однако, несмотря на это, флотационные машины с кипящим слоем нашли широкое применение на калийных фабриках, что объясняется более высокой удельной производительностью, способностью флотировать более крупные частицы и увеличенным сроком службы импеллеров. Используемый способ минерализации пульпы воздуха в кипящем слое приводит к повышению технологических и эксплуатационных показателей.

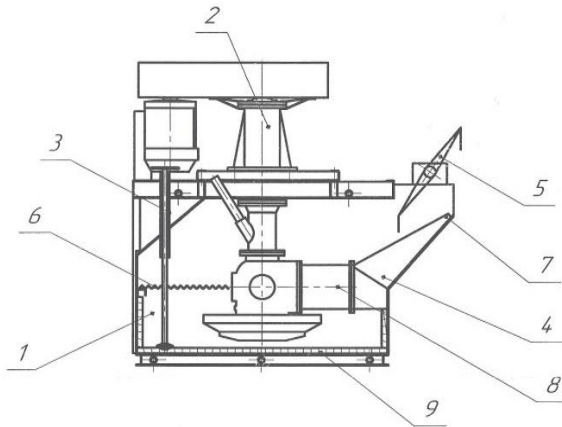


Рис. 1 – Камера флотационной машина ФМ-6,3 КСМ:

1 – корпус секции; 2 – блок импеллера КСМ; 3 – дренажный клапан;  
 4 – рециркуляционный канал; 5 – пеногон; 6 – решетка «кипящего  
 слоя»; 7 – щель для циркуляции пульпы; 8 – циркуляционная труба;  
 9 – футеровка

Флотационная машина ФМ-6,3 КСА применяется для проведения основной и контрольной флотации крупной фракции сильвина. Камера флотационной машины состоит из корпуса 1 с пенным порогом 2, аэрационного блока 3, размещенного в корпусе 1 между его продольной осью, и противоположной пенному порогу стенкой корпуса 1.

Аэрационный блок включает цилиндроконическую трубу с вырезанными щелями с установленными на конце снаружи лопастями 7 и воздушным импеллером 8, приводимым во вращение электродвигателем 9. Снаружи лопастей 7 коаксиально ему установлено направляющее приспособление, выполненное из коаксиальных цилиндров 10 и 11, образующих цилиндрический карман 12, в котором установлены направляющие пластины 13 и лопасти 7 выполнены наклонными с образующим цилиндром 10 и 11 в противоположные стороны.

При включении привода 9 электродвигателя создается сходящий осевой поток пульпы и перепад давлений – в зонах всасывания и нагнетания аэрационного блока 3, из-за чего уровень пульпы в циркуляционной трубе 4 становится ниже уровня пенного порога 2 в корпусе. Поток растекается вдоль дна корпу-

са 1, перемешивая проходящий через камеру поток исходной пульпы, и разделяется на две составляющие.

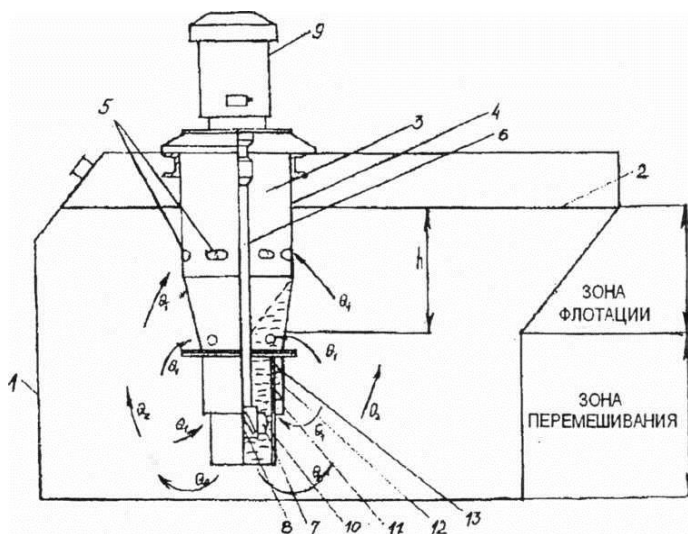


Рис. 2 – Камера флотационной машина ФМ-6,3 КСА

Поток через циркуляционный клапан 12 возвращается в зону всаса лопастного импеллера 7. Поток вертикально движется вверх и через щели 5 в виде разгонных струй направляется тангенциально на слой жидкой фазы в зоне всаса импеллера 7. Аэрация осуществляется частично за счет струй истекающих через верхние щели 5. На своем пути они разгоняются под действием сил тяжести и ударяются о слой жидкости на всасе лопастного импеллера. Во время удара возникает бурление верхних слоев пульпы и захват воздуха из атмосферы. Основная часть воздуха засасывается через образующийся в циркуляционной трубе 4 воронку вращения. Захваченный воздух движется потоком, поступающим на импеллер 1, диспергируется и поступает на вакуумный импеллер через полый вал 6 с потоком пульпы в приточную зону корпуса.

Флотомашины данной конструкции отличаются от ФМ-КСМ лучшими аэродинамическими параметрами, что повышает селективность процесса и даёт возможность получить черновой концентрат более высокого качества (на 2-3 %) и, следовательно-

но, снижает потери хлорида калия с хвостами; снижается расход флотационных реагентов.

Флотационная машина типа ЭФМ относится к классу пневматических флотационных машин и сконструирована на основе технологии пневматической флотации IMHOFLOT. Фирма - Maelgwyn Mineral Services.

Камера флотомашин представляет собой сварную конструкцию, во внутренней цилиндрической ёмкости которой осуществляется процесс флотации, а во внешней ёмкости, в форме усечённого цилиндра, осуществляется сборка пенного продукта. К нижней части корпуса крепится днище 2, а к верхней части, через опоры 5 и раму 4, крепится конус регулирующей 12 и аэратор 6.

Днище представляет собой коническую конструкцию, к нижней части которой крепится выпуск 3. Внутри днища расположен конус распределительный 11 и распределитель 10 аэрированной суспензии. В колонне 6 крепится аэратор 7, предназначенный для аэрирования исходной суспензии, гидроцилиндров привода регулирующего конуса и штоков 15 для фиксации его в верхнем положении. Колонна предназначена для транспортировки аэрированной пульпы от аэратора через трубопровод 9 в распределитель 10, который предназначен для равномерного распределения аэрированной суспензии между эжекторами. Конус регулирующей 12 предназначен для задания оптимальной площади области образования пены. Он установлен внутри камеры и при помощи гидроцилиндров может перемещаться вдоль трубопровода 9 в вертикальном направлении. Эжекторы 14 предназначены для равномерного распределения пульповоздушной смеси по всему объёму камеры флотации, а также для дополнительного подсоса нефлотированного минерального материала с нижней части флотационной камеры.

Флотомашин устанавливается в технологическую линию, которая должна включать в себя следующие системы: систему подачи исходного материала для обеспечения равномерной подачи материала во флотомашину; систему поддержания заданного разрежения в аэраторе; узел разгрузки камерного продукта для обеспечения регулирования высоты пенного слоя; систему подачи воды в эжектор и камеру, которая обеспечивает периодическую промывку эжектора и камеры; гидропривод перемещения регулирующего конуса, обеспечивающего перемещение конуса в вертикальном направлении и подъем его в крайнее

верхнее положение при обслуживании эжекторов внутри камеры; систему управления для обеспечения регулирования работы флотомашины посредством контрольно-измерительной аппаратуры, исполнительных механизмов и устройств. Питание во флотомашину поступает через бак-деаэратор.

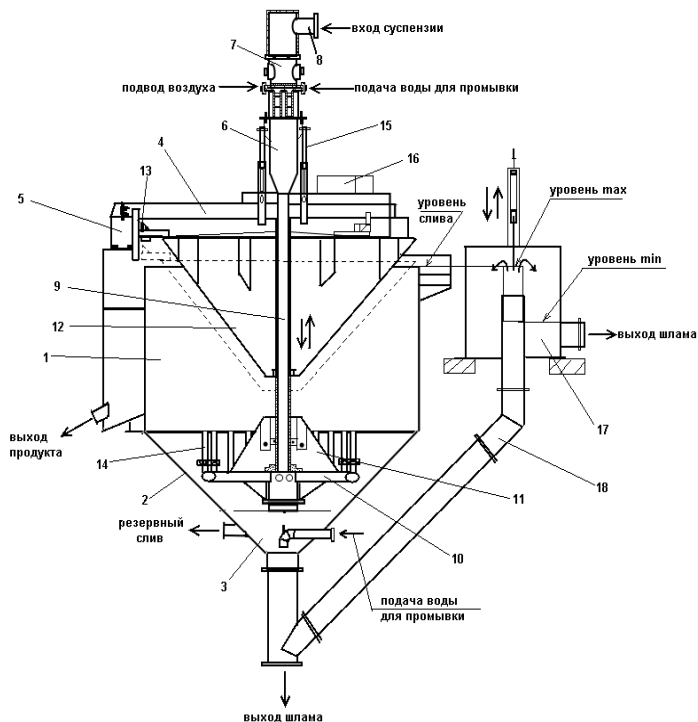


Рис. 3 – Флотационная машина ЭФМ-41

К основным достоинствам флотомашины данного типа относятся: высокая удельная производительность; достаточная универсальность при решении задач обогащения материалов различной флотационной крупности; относительно незначительные занимаемые производственные площади; использование эжекторных аэраторов, обеспечивающих оптимальное дисперги-

рование самозасасываемого воздуха; возможность регулирования степени аэрации; минимальная турбулизация потоков в камере.

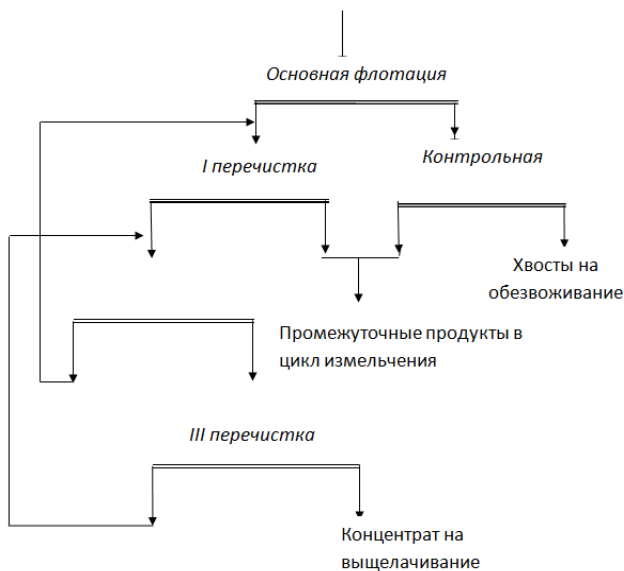


Рис. 5 – Схема узла флотации до реконструкции

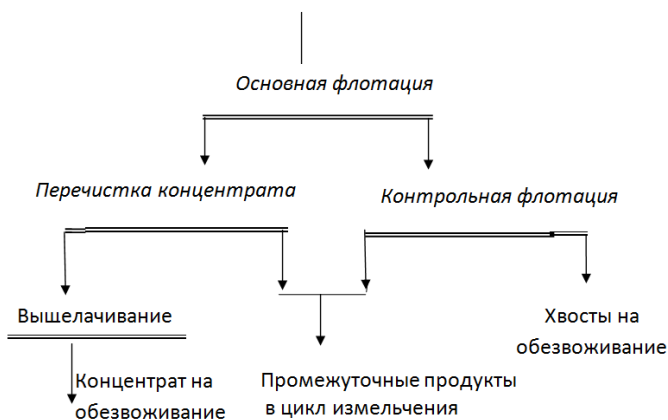


Рис. 6 – Схема узла флотации после реконструкции



Таблица – Сравнительные технологические показатели

Показатели	До реконструкции	После реконструкции
Содержание KCL в черновом концентрате, %	72,54	78,43
Потери KCL с хвостами, %	4,36	3,49
Снижение потерь KCL с хвостами, %	0,87	
Содержание KCL в концентрате после флотации, %	89,5	91,5
Повышение качества флотационного передела, %	2,0	
Расход выщелачивающего раствора т/100т	6,99	6,04
Снижение расхода для выщелачивания, т	0,95	
Потери KCL в узле выщелачивания, %	3,7	3,23
Снижение потерь хлористого калия в узле выщелачивания, %	0,47	
Количество камер для перемешки концентрата на секцию	8	1
Суммарная мощность, флотомашин, кВт	240	200 (для насоса)
Годовая потребляемая мощность, млн. кВт	1,836	1,53
Годовая потребляемая мощность, млн. кВт	14,69	12,24
Общая экономия электроэнергии, млн. кВт	2,448	
За счёт снижения потерь хлористого калия в узле выщелачивания за год можно выпустить концентрата, тонн	14842,1	

Применение флотомашин данной конструкции при перемешивании черного концентрата даёт возможность получить концентрат с массовой долей КСЛ до 91,5 %.

Технические и технологические параметры работы флотомашин позволили провести реконструкцию аппаратурного оформления узла флотации:

1. Основная и контрольная флотации проводятся с применением восьмикоммерной флотомашин ФМ-6,3 КСА;

2. Анализ технических и технологических показателей работы флотомашин в условиях обогатительной фабрики позволил провести реконструкцию узла флотации: замена флотомашин, применяемых для основной и контрольной флотации типа ФМ-6,3 КСМ на флотомашин ФМ-6,3 КСА (флотомашин механического типа каскадной струйной аэрации с объёмом камеры 6,3 м<sup>3</sup>), что позволило повысить селективность процесса флотации и, как следствие, повысить качество черного концентрата с 72,54 до 78,43); уменьшились потери КСЛ с твёрдой фазой хвостов (до реконструкции извлечение КСЛ 4,36 % и после реконструкции 3,49); применение пневмоэжекторных флотомашин ЭФМ-41 для перемешивания позволило провести одну перемешивку вместо трёх при применении флотомашин ФМ-6,3 КСМ; повысилось качество концентрата флотации с 89,5 до 91,5; снизился расход выщелачивающего раствора, применяемого для повышения качества концентрата с 6,99 тонн/тонну руды до 6,04 тонн/тонну руды и, следовательно, уменьшились потери КСЛ в узле выщелачивания до реконструкции 3,7 и после реконструкции 3,23 %; снизился расход электроэнергии.

### **Библиографический список**

1. *Абрамов, А.А. Флотационные методы обогащения. Учебник для вузов. – М.: Московский государственный горный университет, Горная книга, Мир горной книги. – 2008. – 710 с.*

2. *Мещеряков, Н.Ф. Кондиционирующие и флотационные аппараты и машины. – М.: Недра, 1990.*

3. *Промышленный технологический регламент № 1-11 производства флотационного калия хлористого мелкого и гранулированного на СОФ Первого рудоуправления ОАО «Беларуськалий».*