

УДК 622.734.57

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДХОДОВ ИНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАСЧЁТЕ ПАРАМЕТРОВ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФЛОТАЦИИ

Л.И. Серафимова, И.А. Гуц
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** Статья посвящена изучению внедрения инженерного моделирования технологических схем флотационных комплексов, которые позволяют эффективно анализировать работу действующих контуров, оптимизировать технологические режимы и оценивать различные варианты изменения технологических схем.*

***Annotation.** Program models of technological processes of flotation complexes effectively analyze the operation of circuits, optimize technological modes and evaluate various options for changing technological ones.*

***Ключевые слова:** флотуемость, минералы, пробоотбор, инженерное моделирование, флотации фабрики.*

***Keywords:** flotation, minerals, sampling, engineering modeling, plant flotation.*

Практическая реализация инструментов инженерного моделирования основана на экспериментальных данных, полученных в ходе лабораторных опытов, а также на данных исследований проб и анализа эксплуатационных параметров действующих предприятий [1]. Рассмотрены подходы к моделированию флотационных комплексов на примере линии основной флотации фабрики Buenavista del Cobre II корпорации Grupo Mexico [2].

В кинетической модели флотации извлечение минералов рассчитывается на основе времени пребывания во флотокамере и констант скорости флотации частиц. Например, программное обеспечение моделирования технологических схем Outotec HSC Chemistry® Sim использует уникальную методику моделирования на основе свойств, в которой твёрдые частицы сырьевого материала, содержащего минералы, всегда моделируются как частицы, которые имеют такие свойства, как крупность фракции, плотность твёрдых частиц, флотуемость и т.д. Таким образом, материал в модели соответствует реальным потокам пульпы, а химический состав

рассчитывается на основе частиц и их минерального состава. Параметры кинетической модели флотации рассчитываются по данным непрерывного пробоотбора на предприятии или испытаний на лабораторных установках. На рис. 1 показана лабораторная флотомашина периодического действия Outotec GTK LabCell [2].



Рис. 1. Лабораторная флотомашина Outotec GTK LabCell™

Она имеет регулируемую подачу воздуха и скорость вращения импеллера и оборудована механизмом автоматического пеносъёма.

В результате кинетических испытаний на флотационной установке периодического действия получены данные общего извлечения анализируемых элементов по времени. Далее извлечения элементов были преобразованы в извлечения минералов. Данное преобразование позволяет произвести расчёт кинетики пустой породы и рассчитать общее массовое извлечение из извлечений минералов. На основе общих кинетических данных выполняется подгонка модели для формирования уравнений, основанных на кинетических константах скорости флотации k_{\min}^{-1} . Программное обеспечение HSC Chemistry® включает инструменты для преобразования извлечений элементов в извлечения минералов и подгонки кинетических моделей.

Модели установок непрерывного действия, основанные на кинетических уравнениях извлечения, полученных подгонкой моделей по данным испытаний на флотационных установках периодического действия, зачастую необходимо масштабировать. Программа моделирования HSC Sim автоматически рассчитывает время пребывания во флотомашине на основе смоделированных объёмных расходов и заданных размеров флотокамер. В программе

моделирования технологической схемы флотационного комплекса моделируется извлечение в каждой флотокамере непрерывного действия с использованием параметров кинетики минералов, полученных при испытаниях на установке периодического действия, с применением коэффициентов масштабирования. Коэффициент масштабирования рассчитывается как отношение времени пребывания в установке непрерывного действия ко времени пребывания в установке периодического действия для достижения равного целевого извлечения. Кроме того, программная модель может учитывать извлечение в пену, а также различные параметры работы флотомашин, такие как мощность пены, скорость подачи воздуха, объем удерживаемого воздуха и размер пузырьков воздуха. Модель была построена на основе испытаний на лабораторной установке периодического действия (рис. 2) и откалибрована с помощью коэффициента масштабирования и параметров извлечения в пену для каждой флотокамеры.

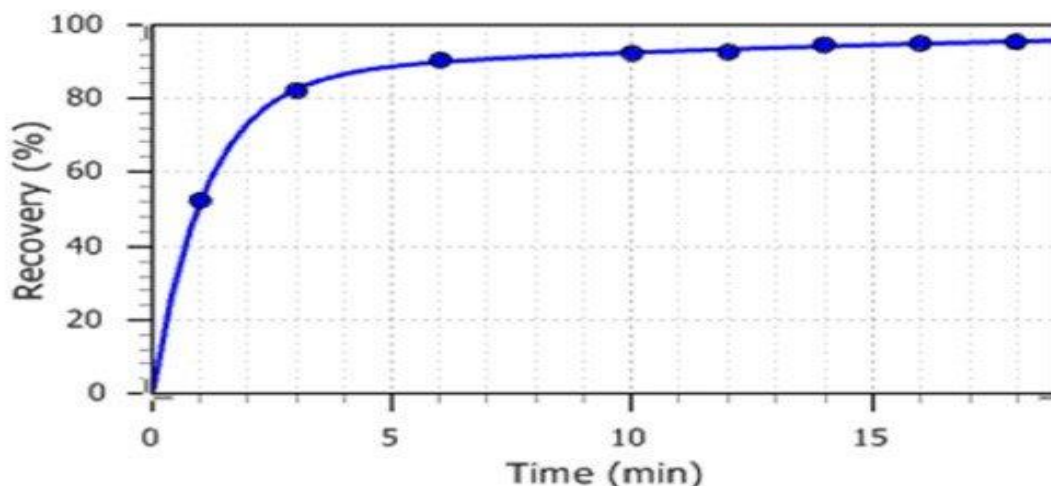


Рис. 2. Результаты испытаний кинетики флотации на установке периодического действия с использованием проб линии основной флотации фабрики Buenavista del Cobre II: общее извлечение халькопирита (точки) и кинетическое уравнение извлечения (линия), полученное путём подгонки модели

На рис. 3 показано содержание меди и извлечение по результатам анализа проб линии основной флотации фабрики Buenavista del Cobre II по сравнению с расчётными значениями программной модели HSC Sim. Таким образом, может быть достигнута очень высокая точность моделирования работы действующей флотационной установки. Если при моделировании использовался бы только коэффициент масштабирования (без установки параметров извлечения в пену) и

была допущена ошибка коэффициента масштабирования $\pm 20\%$, результирующая относительная погрешность моделирования составила бы для общего извлечения основной флотации 2% (1,9 процентного пункта) и для содержания металла менее 7% (1,1 процентного пункта). Таким образом, при таких параметрах программная модель показала хорошие и устойчивые результаты.

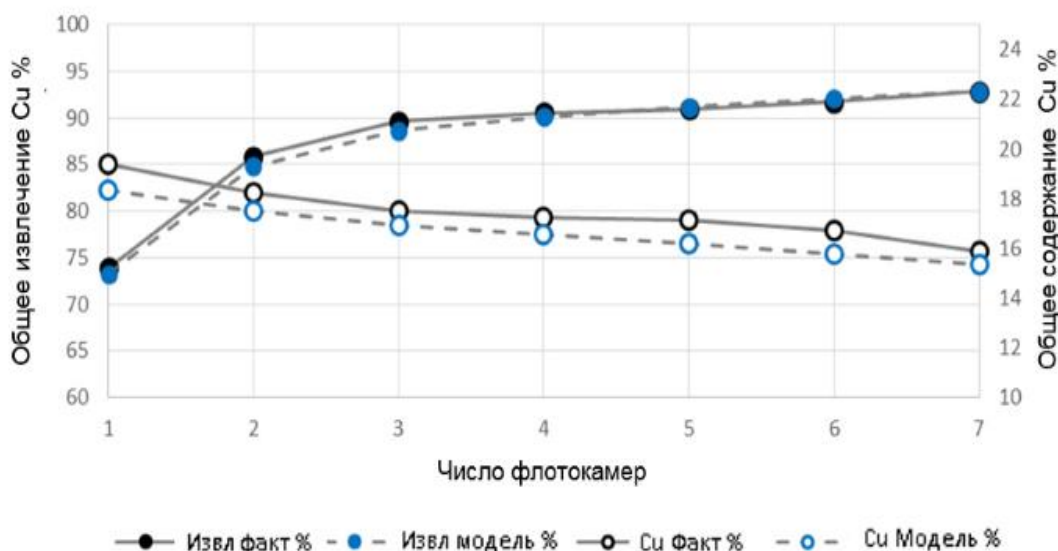


Рис. 3. Общее содержание меди и извлечение по результатам моделирования и измерений на линии основной флотации фабрики Buenavista del Cobre II

При проектировании новых комплексов используются модели флотации, основанные, как правило, на кинетических лабораторных испытаниях, как стадии основной флотации, так и стадии перечистки. Также широко применяются лабораторные испытания на закрытом контуре с замкнутым циклом и пилотных установках для подгонки и калибровки программной модели устройства установки. Помимо типоразмеров оборудования программные модели позволяют исследовать зависимость содержания и извлечения от различных составов питания и производительности оборудования при различных параметрах работы флотокамер. Также имеется возможность анализировать и конструировать различные варианты технологических схем.

Выводы.

Программные модели технологических схем флотационных комплексов позволяют эффективно анализировать работу действующих контуров, оптимизировать технологические режимы и оценивать различные варианты изменения технологических схем. При проектировании новой флотационного

*Сборник научных трудов II Международного Форума
студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков
«ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА»
г. Донецк, ДонНТУ, 8-9 апреля 2021 г.*

комплекса программные модели могут использоваться для конструирования технологической схемы контура и подбора типоразмеров флотокамер.

Перечень ссылок

1. Математическое моделирование процессов обогащения полезных ископаемых минерального сырья: монография / В. Н. Павлыш [и др.]. - Донецк: ВИК, 2014.
2. Компания Metso Outotec: [сайт]. URL: <https://www.mogroup.com/ru/insights/blog/mining-and-metals/simulation-of-flotation-plants/>.