

Анализ чувствительности схемы измельчения и флотации с помощью программного пакета для моделирования технологических процессов USIM PAC.

Мари-Вероник Дюран
Управляющий директор, Caspeo SARL
Евгений Черных,
Директор, ООО «Вычислительные Системы», эксклюзивный дистрибьютор
Caspeo SARL в России и СНГ

Настоящая статья описывает методологию использования программного пакета USIM PAC для анализа чувствительности обогатительных предприятий. В наше время математическое моделирование процессов широко используется во многих отраслях промышленности. Пакет USIM PAC разрабатывается с 1986 года для решения задач построения и оптимизации технологических схем проектируемых и действующих обогатительных фабрик. Для этого в пакете реализован полный набор готовых математических моделей операций от измельчения до гидрометаллургии. Разнообразие программных модулей, таких, как Супервайзер, значительно упрощает процесс оптимизации схемы по множеству критериев.

Модуль Супервайзер использует концепцию сенсоров и активаторов. В любой точке схемы пользователь может установить “программный активатор”. Для этого необходимо выбрать любые параметры, например, размерные или операционные параметры аппарата, объемный расход потока, процент твердого, d80 и др., а также указать шаг и интервал изменения для выбранных параметров. После этого пользователь сможет отслеживать эффект таких изменений в любой другой точке схемы, установив в ней “программный сенсор”. Таким образом, становится возможным, например, наблюдение за извлечением и/или циркуляционной загрузкой в зависимости от изменения объема питания схемы.

Исходная ситуация. Для получения реалистичных расчетных данных, пример, приведенный в настоящей статье, построен на основе нескольких наборов заводских параметров с различных обогатительных фабрик. Схема обогатительной фабрики представлена на Рисунке 1. Это классический цикл измельчения и флотации для переработки золотосодержащей руды с целью получения концентрата золота. В исходном варианте, питанием цикла флотации является слив гидроциклона без регулировки плотности пульпы. Возможность регулирования плотности питания флотации затем добавляется в качестве опции.

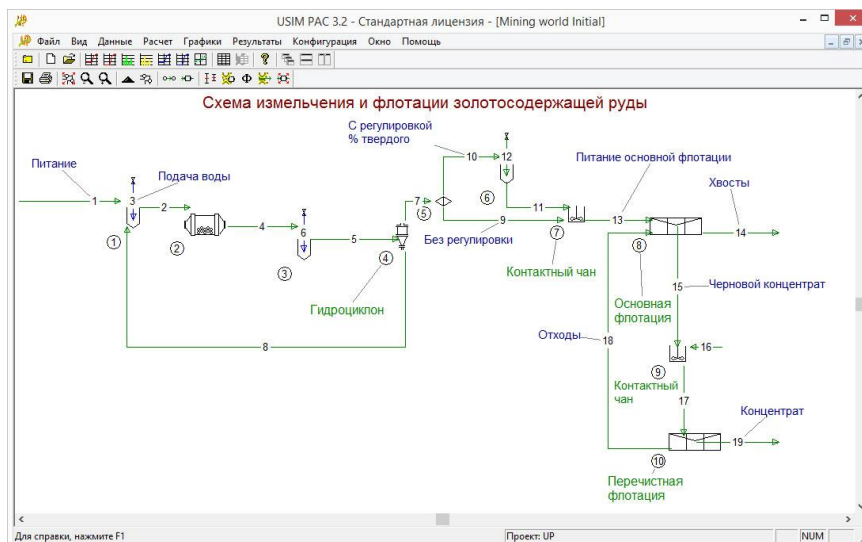


Рисунок 1. Схема обогатительной фабрики.

Принцип работы будет состоять в изменении некоторых операционных параметров схемы и количества флотационных камер в цикле флотации, с целью отслеживания влияния таких изменений на кривую извлечения.

Размеры основного оборудования приведены в Таблице 1. Гранулометрическое распределение для потока питания схемы приведено на Рисунке 2.

Таблица 1. Размеры основного оборудования.

Шаровая мельница	Диаметр	7.9 м
	Длина	13.4 м
Гидроциклоны	Количество аппаратов, работающих параллельно	10
	Диаметр	0.35 м
	Диаметр питающей насадки	0.14 м
	Диаметр сливной насадки	0.14 м
	Диаметр песковой насадки	0.07 м
Камера основной флотации	Объем	100 м ³
Камера перечистой флотации	Объем	5 м ³

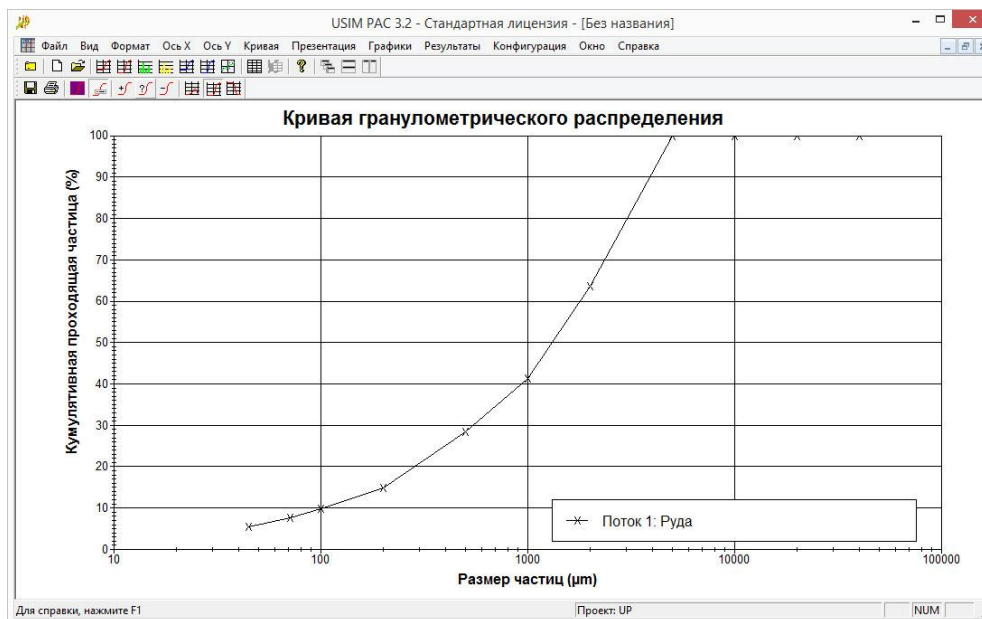


Рисунок 2. Гранулометрическое распределение в потоке питания схемы.

В исходной конфигурации, операционные параметры которой описаны в Таблице 2, содержание золота в концентрате составляет 121 г/т с извлечением в 76,8%. Производительности детально расписаны в Таблице 3.

Таблица 2. Операционные параметры исходной конфигурации.

Входные параметры	Исходные значения
Загрузка шаровой мельницы	30 %
%-твердого в питании гидроциклонов	35 %
Число флотационных камер в секции основной флотации	10
Число флотационных камер в секции перечистной флотации	5

Таблица 3. Исходные производительности.

Производительности и операционные параметры	Значения
Циркуляционная загрузка шаровой мельницы	135 %
d80 в сливе гидроциклона	82 мкм
%-твердого в питании флотации (не регулируется)	20.3 %
Время пребывания в секции основной флотации	27.3 мин
Время пребывания в секции перечистной флотации	14.1 мин
Содержание золота в концентрате	121 г/т
Извлечение золота	76.8 %

Изменение %-твердого в питании гидроциклонов. Для изменения процента твердого в питании гидроциклонов запускаем модуль Супервайзер. Изменение плотности питания повлияет на падение давления в гидроциклонах и, как следствие, на гранулометрическое распределение и процент твердого в сливе. В рамках исходного моделирования, процент твердого для питания флотации устанавливался на уровне 20% при помощи регулятора плотности. В этом случае, производительность цикла флотации будет зависеть только от гранулометрического состава питания такого цикла.

Как показано на Рисунке 3, пользователь выбирает параметры модели аппарата №3 - регулятора плотности, выбирает параметр процент твердого, обозначает интервал изменения выбранного параметра от 30% до 45%, около исходного значения в 35%. Точность (шаг изменения) устанавливается на 1%, что обозначает, что будет выполнено 16 итераций моделирования схемы. В рамках каждой итерации USIM PAC посчитает схему целиком с учетом соответствующего исходного значения процента твердого на аппарате №3. Супервайзер позволяет выбрать несколько параметров одновременно. Вместе с тем, для понимания истинного влияния каждого из параметров, на первом этапе, лучше исследовать их один за одним.

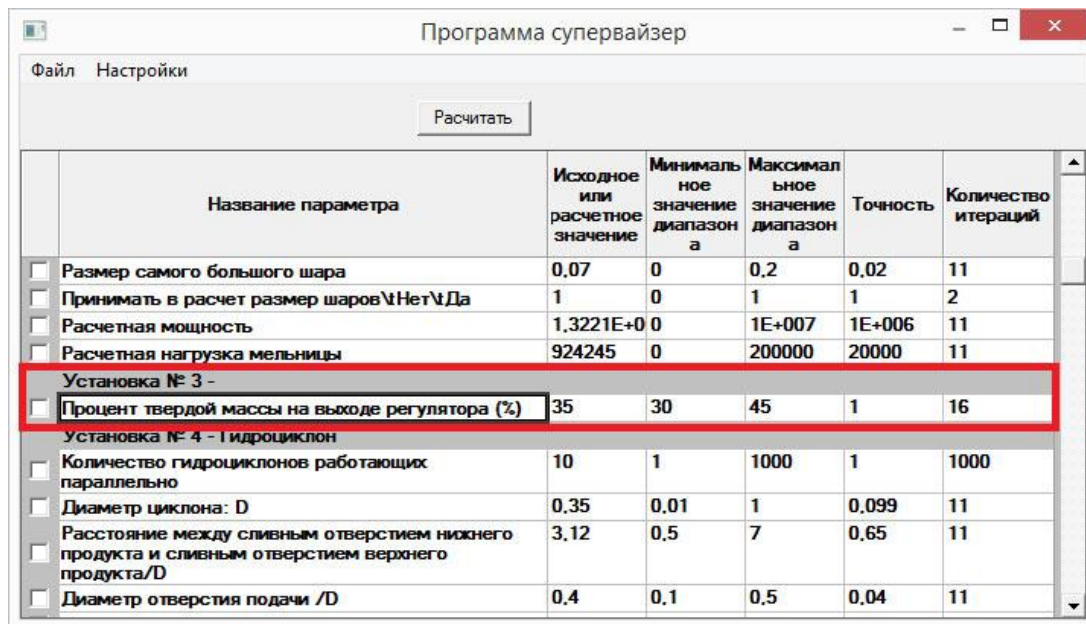


Рисунок 3. Выбор программного активатора.

В диалоговом окне, изображенном на Рисунке 4, пользователь выбирает все показатели производительности, значения которых хотелось бы отследить.

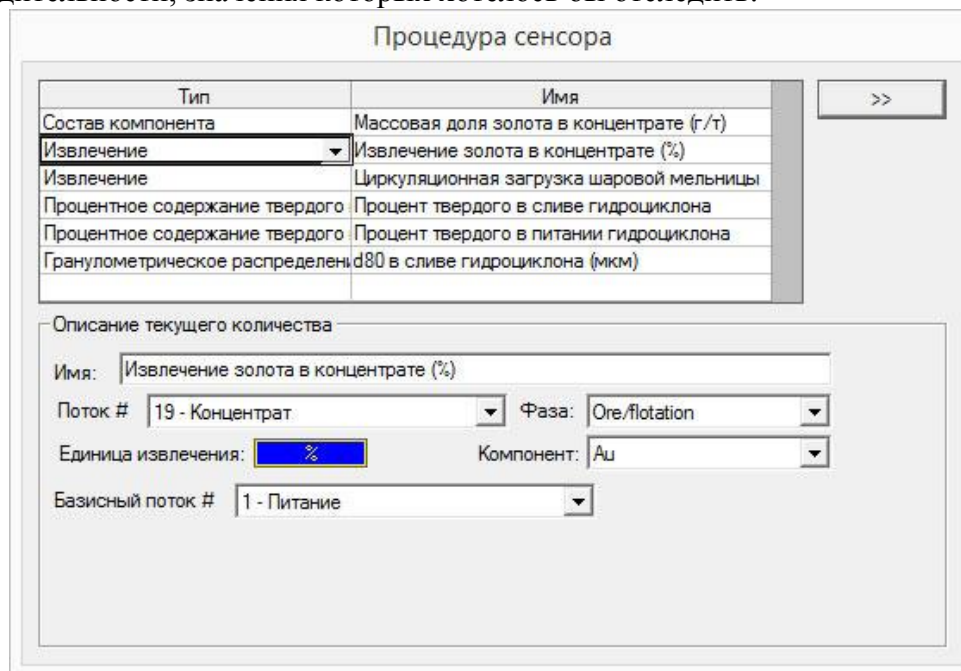


Рисунок 4. Выбор программных сенсоров.

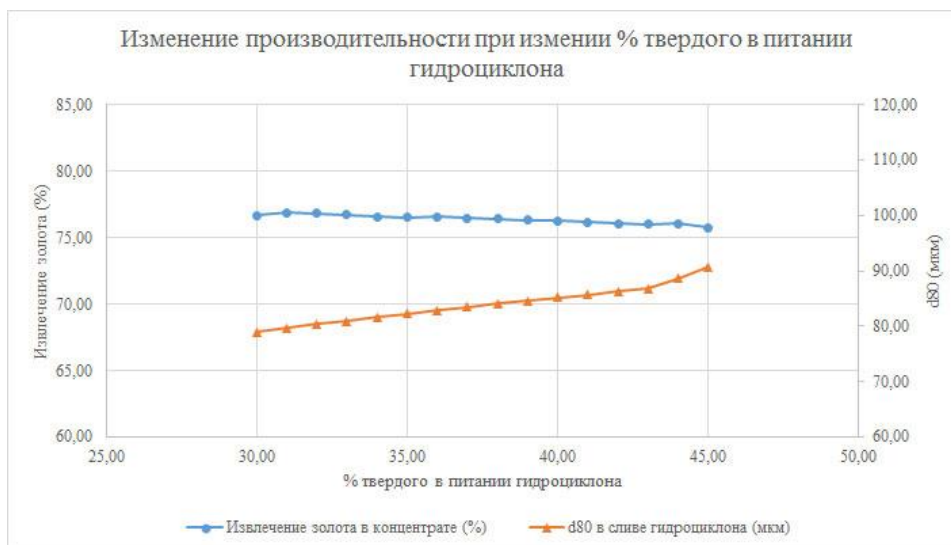


Рисунок 5. Влияние работы гидроциклонов на d80 в сливе и извлечение золота в схеме.

Увеличение плотности пульпы питания гидроциклонов уменьшает падение давления, повышая при этом d80 питания флотации (см. Рисунок 5). Вместе с тем, общее извлечение золота значительно не изменяется, указывая на то, что интервал размеров близок к оптимальному классу раскрытия.

Следующий запуск Супервайзера производится для случая, когда плотность питания флотации не регулируется. При этом видно, что извлечение повышается с повышением плотности питания флотации (см. Рисунок 6). Это связано с меньшим разжижением и, как следствие, большим временем пребывания пульпы в флотационных камерах. Поэтому время пребывания является ограничивающим фактором данной схемы.

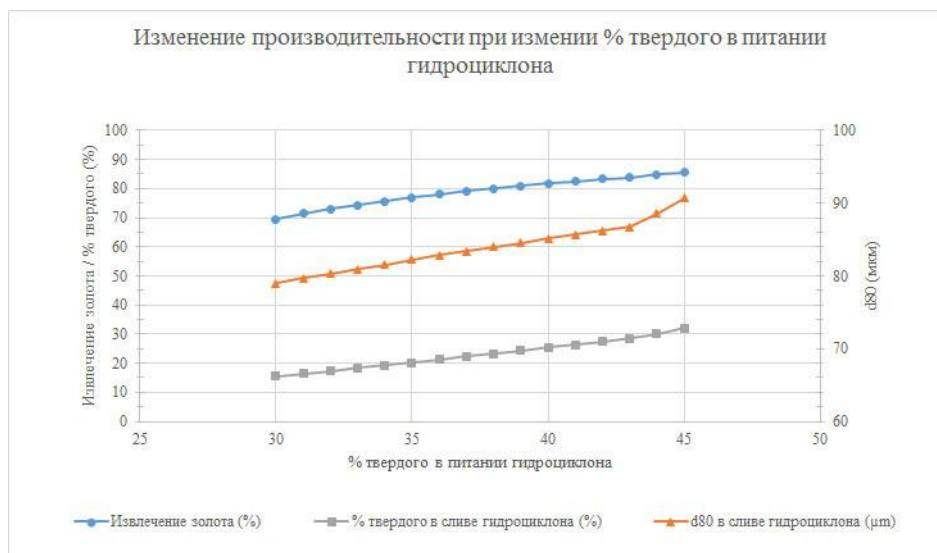


Рисунок 6. Влияние работы гидроциклонов на d80 в сливе и извлечение золота в схеме (без регулирования % твердого).

Изменение числа флотационных камер. Теперь Супервайзер запускается для тестирования эффекта от изменения числа флотационных камер. Для указанного теста %-твердого для питания гидроциклонов установлен на уровне 40%, что соответствует 25,3% твердого в питании флотации и d80 на уровне 85мкм.

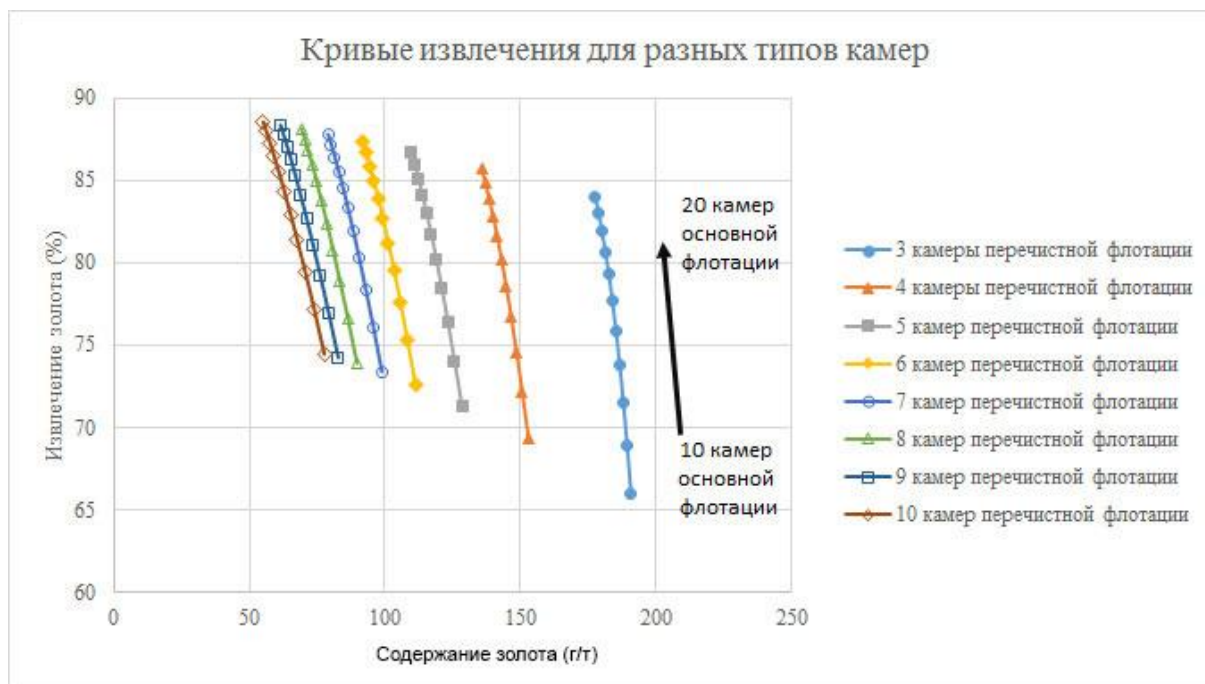


Рисунок 7. Изменение кривой извлечения в соответствии с изменением числа флотационных камер.

На Рисунке 7 каждая кривая соответствует заданному числу флотационных камер секции перечистой флотации (от 3 до 10). Различные точки кривой соответствуют различному числу флотационных камер секции основной флотации (от 10 до 20). Как и предполагалось, извлечение золота в значительной степени зависит от числа камер основной флотации, а содержание золота – от числа камер перечистой флотации. Экономический эффект необходимо рассчитывать, принимая во внимание инвестиционные и операционные затраты на приобретение и содержание дополнительных флотационных камер, а также потенциальную прибыль от извлечения большего количества золота.

Заключение. Настоящая статья показывает применение математического моделирования технологических процессов для анализа чувствительности схемы обогащения. Если окончательное решение принимается с учетом экономических факторов, технические средства, предлагаемые программным пакетом USIM PAC, в значительной степени упростят инженерам процесс выбора наиболее подходящей конфигурации горно-обогатительных аппаратов и их операционных параметров. Для удобства использования на предприятиях РФ и стран СНГ, USIM PAC в настоящее время переводится на русский язык.

Эксклюзивный дистрибьютор USIM PAC в РФ и СНГ:
 Вычислительные Системы, ООО
 ул. Кутателадзе, 4г-238, г. Новосибирск, РФ, 630128
 Тел.: +7-383-214-09-53, e-mail: sales@procsim.ru