

О.М. Галушко, канд. техн. наук., Р.А. Петренко
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННЫХ ВРЕМЕНИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ БАРАБАННОЙ ПРОМЫВОЧНОЙ МАШИНЫ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ И ОБОСНОВАНИЕ ЕЕ МОДЕЛИ

Для исследования системы управления барабанной промывочной машиной (БПМ) с вращающимся интенсификатором необходимо уточнить модель самой машины, а также определить динамические показатели рабочих органов. Для БПМ с вращающимся интенсификатором рабочими органами являются барабан и вращающийся интенсификатор.

Постоянные времени БПМ можно определить традиционным путем по кривым переходного процесса при сбросе нагрузки, т.е. по зависимостям $I_u = f(q)$ и $I_\theta = f(q)$ при заданных частотах вращения барабана и интенсификатора. С этой целью было осуществлено осциллографирование указанных параметров при различных частотах вращения рабочих органов дезинтегратора. Полученные зависимости приведены на рис. 1 и 2.

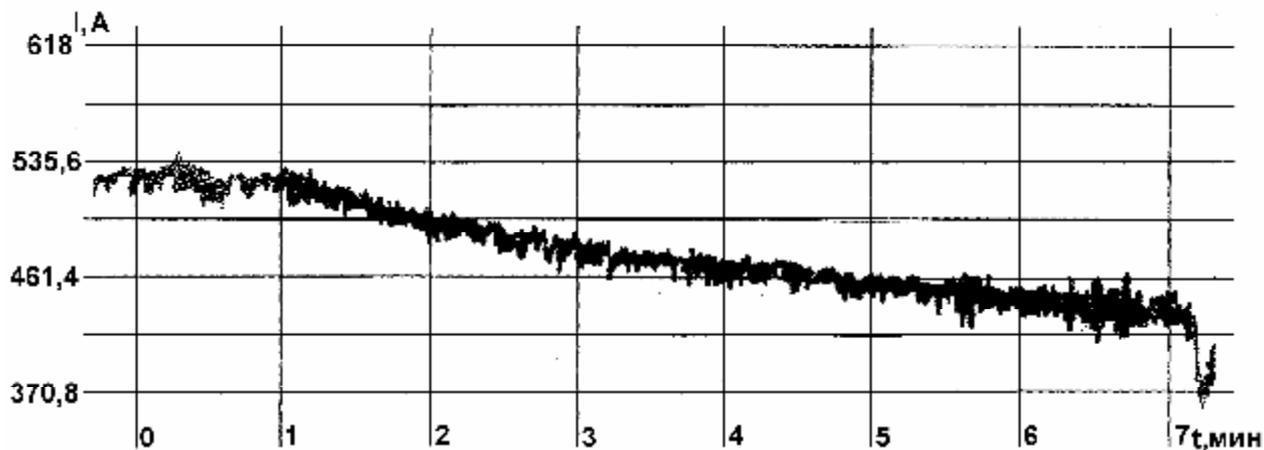


Рис. 1. Осциллограмма тока барабана при сбросе нагрузки

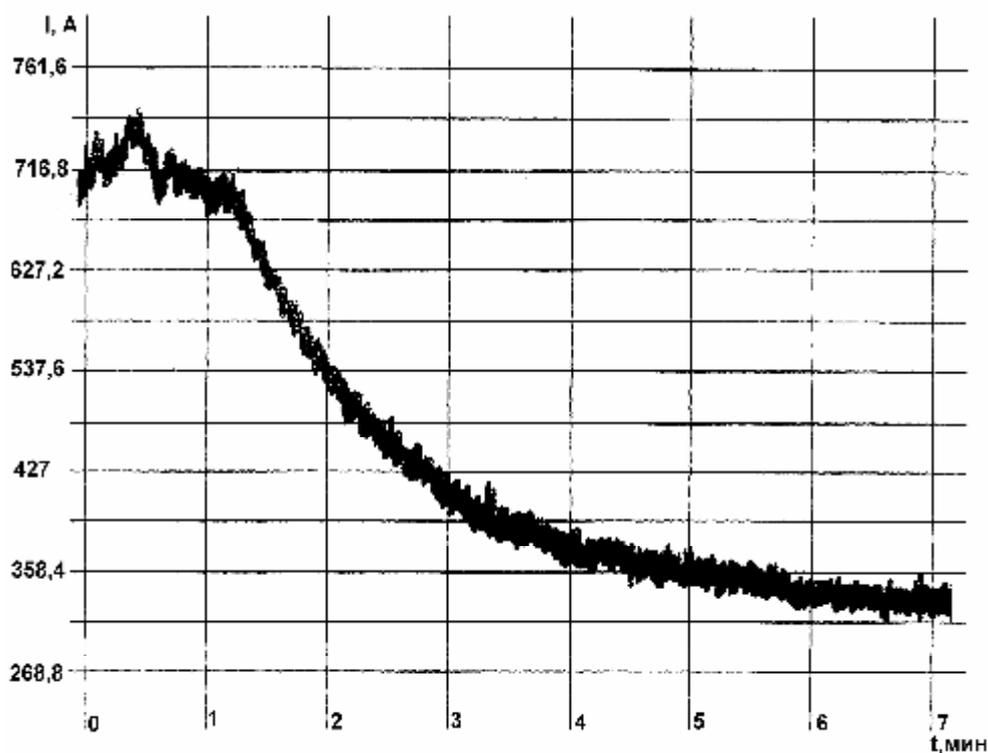


Рис. 2. Осциллограмма тока интенсификатора при сбросе нагрузки

Частоты вращения рабочих органов изменялись в пределах : для барабана 25,5 – 30 об/мин; для интенсификатора 14,6 – 46,9 об/мин. Каждая кривая обрабатывалась методом приближения логарифмической функции [1], когда для любой точки кривой на участке переходного процесса через интервал i определялась функция вида

$$\ln(I_{omni}) = \ln(I_i - I_{уст}), \quad (1)$$

где I_i – значение функции в i -й зоне;

$I_{уст}$ – установившееся значение переходного процесса.

По установленной функции $\ln(I_{omn}) = f(t)$ с помощью линейной аппроксимации методом наименьших квадратов получаем уравнение вида

$$\ln(I_{omn}) = a_0 + a_1 t. \quad (2)$$

На рис. 3 и 4 изображены аппроксимирующие кривые и поле корреляции для полученных зависимостей по каждому из экспериментов.

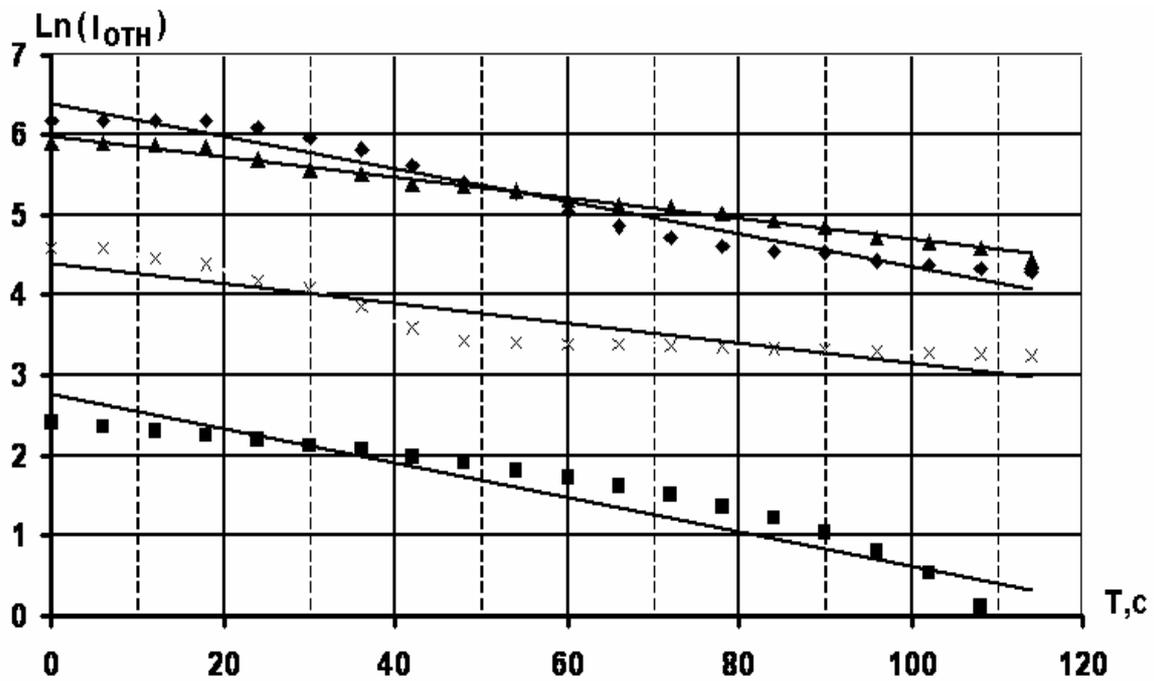


Рис. 3. Аппроксимирующие кривые для I_u

Из выражения (2) определяем постоянную времени в соответствии со следующим соотношением:

$$T = \frac{1}{a_1}. \quad (3)$$

Используя метод наименьших квадратов, рассчитываем коэффициенты уравнения регрессии для определения постоянных времени барабана и интенсификатора.

Результаты обработки экспериментальных данных записываем в таблицу.

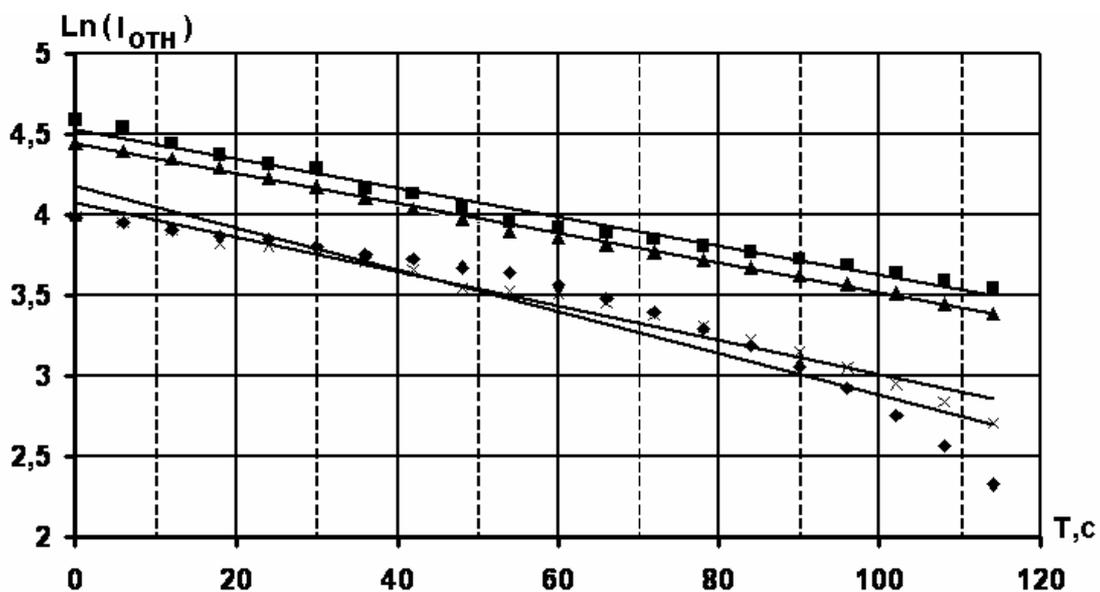


Рис. 4. Аппроксимирующие кривые для I_{δ}

Факторы эксперимента и значения постоянных времени, полученные экспериментально и по уравнениям регрессии

X_0	X_1	X_2	X_1X_2	X_1^2	X_2^2	Y_u	\hat{Y}_u	$Y_{\bar{b}}$	$\hat{Y}_{\bar{b}}$
	$n_{\bar{b}}$	n_u	$n_{\bar{b}}n_u$	$n_{\bar{b}}$	n_u				
1	25,5	46,9	1195,95	650,25	2199,61	49,5	50,37	76,33	75,75
1	27,7	14,6	404,42	767,29	213,16	46,94	47,03	109,89	109,58
1	30	43,36	1300,8	900	1880,09	76,92	77,67	107,52	106,92
1	27,28	28,32	772,57	744,198	802,022	79,36	79,7	94,33	93,92

Для аналитического расчета постоянной времени интенсификатора было определено уравнение регрессии

$$\hat{Y}_u = 170,288 - 0,106n_u^2 - 7,284n_{\bar{b}} + 0,25n_{\bar{b}}n_u. \quad (4)$$

Для определения постоянной времени барабана получено следующее уравнение регрессии

$$\hat{Y}_{\bar{b}} = 1568 + 2,154n_{\bar{b}}^2 - 111,805n_{\bar{b}} - 0,035n_{\bar{b}}n_u. \quad (5)$$

Расхождение между постоянными времени, определенными по кривым аппроксимации и с помощью уравнений регрессии, в самом худшем случае для барабана составило 0,8% , для интенсификатора 1,7%. Данное расхождение является более чем приемлемым.

Как было показано ранее в работе [2], БПМ может быть представлена апериодическим звеном с передаточной функцией $\frac{k}{pT + 1}$. Производительность

$Q_{\text{вых}}$ БПМ зависит от ее конструктивных параметров (длины барабана $l_{\bar{b}}$ и его диаметра $d_{\bar{b}}$), скорости вращения барабана $n_{\bar{b}}$ и его коэффициента заполнения b . В упомянутой модели влияние геометрических размеров барабана и его скорости вращения на производительность $Q_{\text{вых}}$, учтено величиной постоянной времени барабана, которая была определена раньше для БПМ типа ДВИ2,5х6,00.

Для апериодического звена время достижения выходной величиной установившегося значения $t_{\text{кон}}$ определяется постоянной времени.

Это время ($t_{\text{кон}}$) мы можем классифицировать как время транспортного запаздывания или как продолжительность промывки материала в барабане $T_{\text{пр}}$.

В результате эксперимента установлено, что зависимость $T_{\text{пр}}$ от $T_{\bar{b}}$ аппроксимируется прямой линией, которая описывается следующим уравнением регрессии:

$$T_{np} = 5,428T_{\delta} + 2,857. \quad (6)$$

При этом величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,999$.
На рис. 5 представлена данная зависимость.

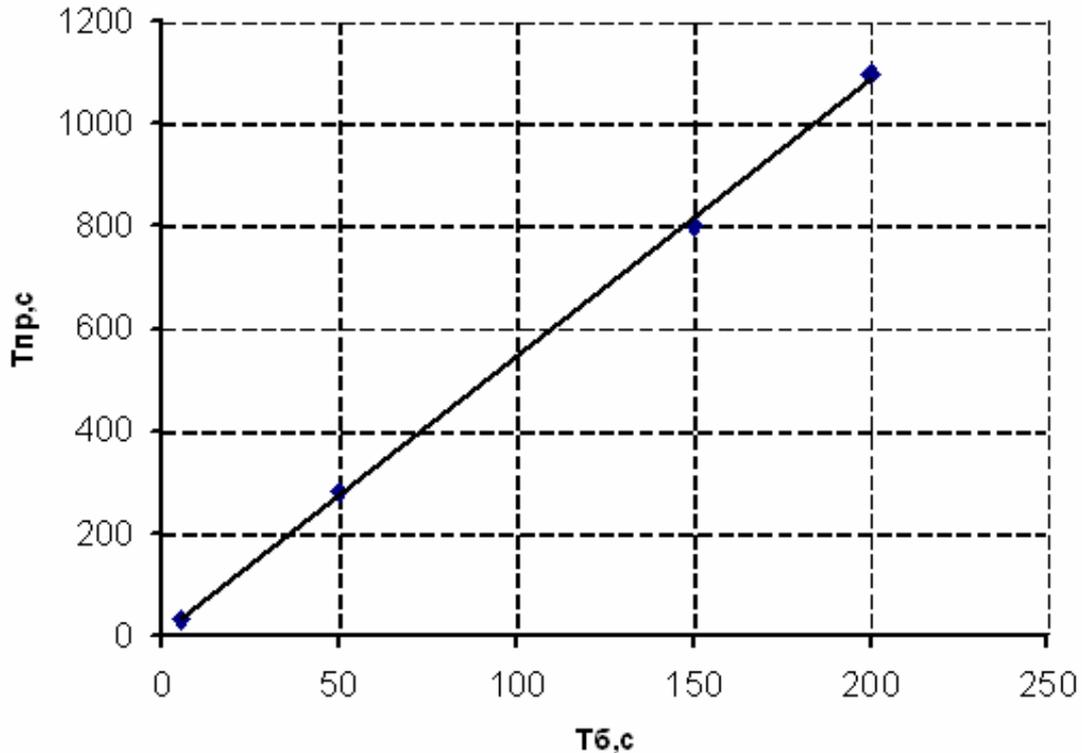


Рис. 5. Поле корреляции и линия аппроксимации для T_{np}

Для определения момента сопротивления M_c (при моделировании системы управления), который создает БПМ с барабаном, заполненным материалом (q), на привод, необходимо знать количество этого материала.

Как указывалось в работе [3], продолжительность промывки можно рассчитать по формуле

$$T_{np} = 3600q / Q. \quad (7)$$

Так как q будет зависеть от коэффициента b , то исходя из вышеизложенного, можно записать, что

$$q = \frac{Q_{вых} T_{np}}{3600} b = \frac{Q_{вых} (5,428T_{\delta} + 2,857)}{3600} b. \quad (8)$$

На рис. 6 представлена выходная и входная производительности барабана $Q_{вых}, Q_{вх}$ и количество материала q , накапливаемого в барабане, на основании модели предложенной в работе [2], и параметрами, определение которых описано выше. Исследования проводились с помощью пакета MATLAB при сле-

дующих параметрах модели: $n_{\sigma} = 30$ об/мин; $n_u = 12$ об/мин; $Q_{вх} = 20$ т/ч; $b = 0,3$.

До настоящего момента рассматривалась модель барабана без интенсификатора размыва. Конструкция барабана ДВИ 2,5х6,0 предусматривает размещение внутри его вращающегося интенсификатора.

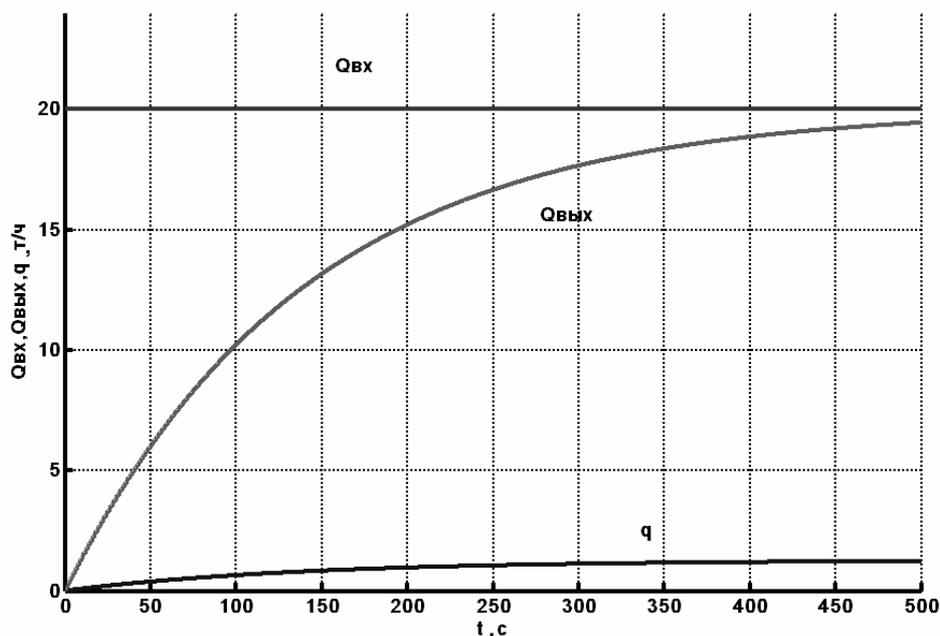


Рис. 6. Кривые количества обрабатываемого материала в БПМ

Интенсификатор представляет собой вал с закрепленными на нем продольными пластинами, на которых установлены лопасти в радиальном направлении по отношению к валу, расположенному по центру барабана, и вращающийся в противоположную сторону от барабана. По своей конструкции сам интенсификатор как объект не может накапливать обрабатываемый материал. Он способствует лучшему размыву (перемешиванию) материала и задерживает его движение внутри барабана, тем самым, накапливая последний внутри БПМ. Как любой объект, интенсификатор размыва обладает некоторой постоянной времени. Уравнение регрессии для постоянной времени интенсификатора представлено выше. Построение общей модели БПМ с интенсификатором как единого инерционного объекта в простом виде предполагает сложение постоянных времени двух рабочих органов. При этом передаточная функция, описывающая процесс работы БПМ с вращающимся интенсификатором, будет иметь такой

вид: $\frac{1}{p(T_{\sigma} + T_u) + 1}$. На рис. 7 изображена модель БПМ с вращающимся интенсификатором.

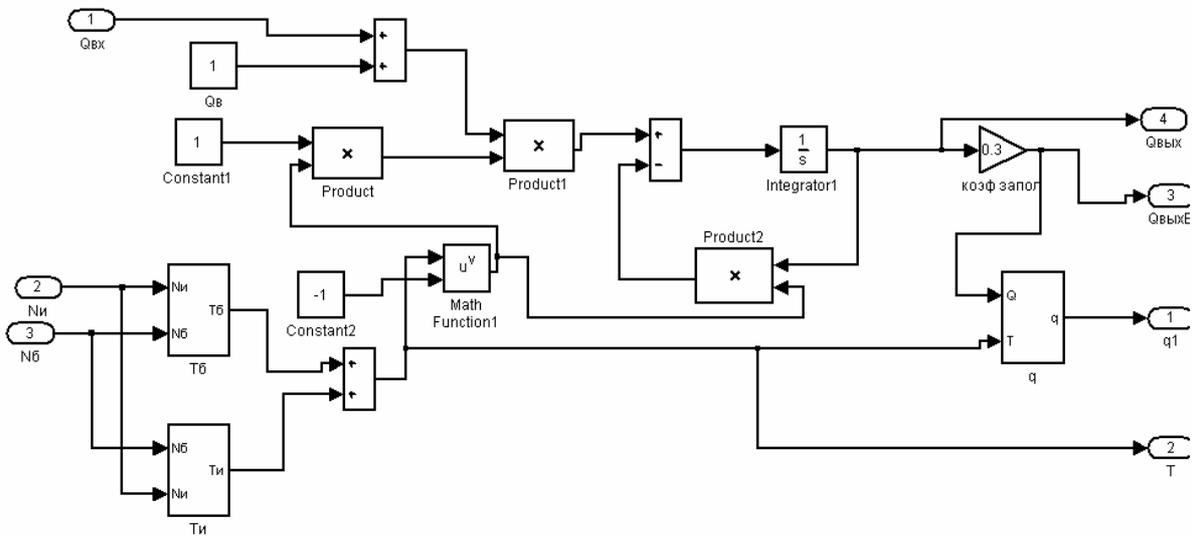


Рис. 7. Модель БПМ с вращающимся интенсификатором.

На рис. 8 представлены графики изменения количества обрабатываемого материала внутри барабана с учетом влияния интенсификатора и без него при $Q_{вх} = 20$ т/ч, полученные с помощью вышеприведенной модели.

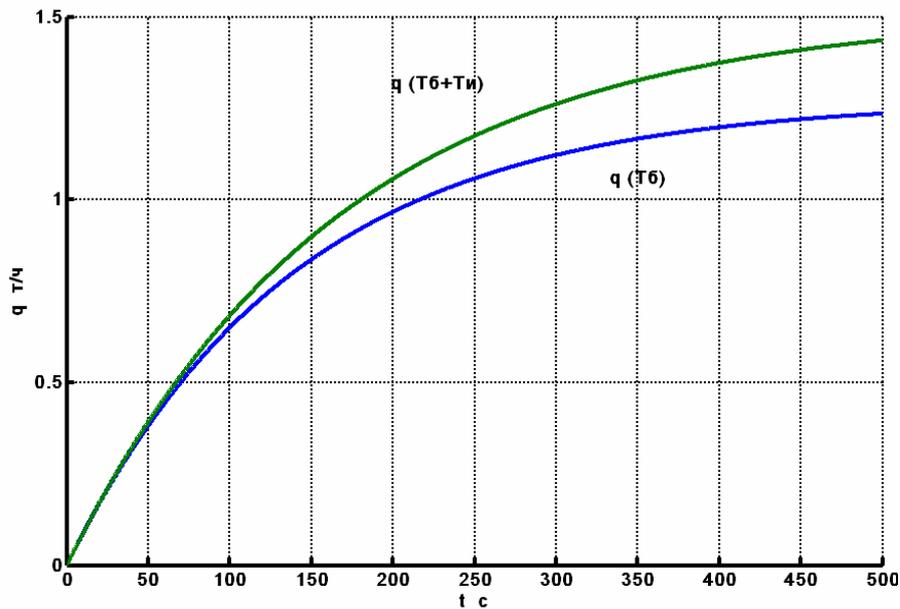


Рис. 8. Количество материала, накапливаемого в БПМ интенсификатором и без него

Из результатов исследования можно сделать следующий вывод. Принимая за базовую модель БПМ аperiodическое звено, целесообразность чего доказана в работе [2], и преобразовав эту модель с учетом использования интенсификатора размыва, были получены параметры, которые позволяют смоделировать количество обрабатываемого материала, находящегося на выходе модели и внутри БПМ.

Список литературы

1. Балакирев В.С., Дудников Е.Г., Цирлин А.М. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. – М.: Энергия, 1967. – 23 с.
2. Галушко О.М., Петренко Р.А. Разработка и исследование модели барабанной промывочной машины. // Наук. вісн. Нац. гірн. ун - ту, – 2003. – №.2. – С. 91-93
3. Троицкий В.В. Промывка и обесшламливание полезных ископаемых. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 280 с.