

Процесс обеззоливания состоит из трех последовательных стадий: предварительной промывки, нейтрализации и окончательной промывки. Предварительная промывка кратковременный процесс, имеющей целью освободить сырье (обеззоленный оссеин) от известковой суспензии. Особо важными являются стадия нейтрализации, в которой раствором соляной кислоты осуществляют нейтрализацию остатков известковой суспензии и минеральных солей, и стадия окончательной промывки, в которой вымываются из оссеина остатки балластных белков и суспензии, и оссеин доводится до необходимой кондиции перед процессом экстрагирования желатина [1]. Существуют три основных вида оборудования для осуществления процесса: так называемые мойки - горизонтальные ванны, в которых оссеин движется во взвешенном слое по периметру с помощью лопастных мешалок, контроллеры с неподвижным слоем сырья и перемещающимся по окружности барабаном, служащим для отжима из частиц влаги, и вертикальные аппараты периодического действия, перемешивание в которых осуществляется сжатым воздухом. Рассмотрим математическую модель процесса обеззоливания в мойке. Кривые кинетики извлечения солей кальция из оссеина (зависимость концентрации активного реагента от времени) приведены на рисунке 1. Для описания кинетики процесса используем кинетическую функцию [2], которая является зависимостью доли нерастворившегося компонента ω от безразмерного времени x . Особенностью кинетической функции $\omega(x)$ является её инвариантность относительно концентрации активного реагента C , температуры T и гидродинамической обстановки. Безразмерное время $x = t/t_{\max}$ есть отношение текущего времени ко времени полного завершения реакции нейтрализации оссеина соляной кислотой. Следуя [2], время реакции нейтрализации соляной кислотой для частиц определённого размера в заданных условиях можно выразить зависимостью (1) для любых значений T_p и C_p (температуры и концентрации растворителя). В этом случае необходимо лишь знать энергию активации E , порядок реакции α и время нейтрализации t_p в условиях периодического опыта и соответствующих ему значениях T и C . Рис. 1 - Кривые кинетики извлечения солей кальция при нейтрализации (М 1:10, $T=289^\circ\text{K}$) для оссеина разной пористости, где 1 - губка с $S_k=0,4\%$ и фракцией 8-10 мм, 1* - губка с $S_k=0,25\%$ и фракцией 3-5 мм; 2- труба с $S_k=0,4\%$ и фракцией 8-10 мм, 2* - труба с $S_k=0,25\%$ и фракцией 3-5 мм. Существующие способы определения $\omega(x)$, E , α , t сводятся к проведению серии экспериментов при различных начальных температурах T и концентрации активного реагента C . Для облегчения обработки экспериментальных данных опыты проводят в избытке экстрагента и интенсивном его перемешивании. Долю нерастворившегося компонента ω определяют как $\omega = \frac{G_0 - G}{G_0}$ (2) где η - степень растворения, определённая из уравнения материального баланса: (3) Здесь ϕ_0 безразмерный радиус, L количество растворителя, м³, G_0 - начальное содержание извлекаемого компонента в

твёрдом теле, кг, C_1 концентрация извлекаемого компонента в растворителе, кг/м³. Для определения кинетической функции ставили серию опытов с оссеином после окончательной промывки, разного гранулометрического состава с эквивалентными диаметрами d , определяемыми по формуле [3]: где V_r - объём частицы, м³, $d_3 = 1,24 \cdot 10^{-2}$ м; $1,15 \cdot 10^{-2}$ м; $0,98 \cdot 10^{-2}$ м. Для каждой партии оссеина с одни и тем же эквивалентным диаметром проводили серию опытов при гидравлическом модуле (соотношение оссеина к раствору кислоты) M 1:10 по схеме: $S_k = 0,4\%$, $T = 289$ К; $S_k = 0,4\%$, $T = 279$ К; $S_k = 0,25\%$, $T = 289$ К. Методика эксперимента заключалась в следующем: брали навеску оссеина, загружали её в конический сосуд, приливали соответствующее количество кислоты с определёнными концентрацией и температурой и при перемешивании сжатым воздухом проводили экстракцию солей Ca^{2+} . Через равные промежутки времени замеряли концентрацию ионов Ca^{2+} в растворе кислоты с помощью комплексометрического метода [3]. Окончание процесса фиксировалась по прекращению изменения концентрации минеральных веществ (солей Ca^{2+}) в растворе. На рис. 2 изображены кинетические функции процесса нейтрализации оссеина двух разных калибров (8-10 мм, 3-5 мм). Рис. 2 - Экспериментальные данные кинетических функций процесса нейтрализации оссеина, где 1 - фракция 8 - 10 мм, $\circ$ - $S_k = 0,4\%$ при $T = 289^\circ K$, $\bullet$ - $S_k = 0,4\%$ при $T = 279^\circ K$, $\blacksquare$ - $S_k = 0,25\%$ при $T = 289^\circ K$; 2- фракция 3-5 мм, $\blacksquare$ - $S_k = 0,4\%$ при $T = 289^\circ K$, $\square$ - $S_k = 0,25\%$ при $T = 289^\circ K$ С учётом исследования полидисперсности смеси частиц оссеина на ситовом классификаторе получены следующие уравнения для кинетических функций при нейтрализации оссеина: Для калибра 3-5 мм (4) для калибра 5-8 мм (5) для калибра 8-10 мм (6) , , (7) t_i - относительное время каждого эксперимента, приведённое к единому масштабу. Здесь t_{yi} - время процесса нейтрализации самого крупного калибра. Доля каждого калибра в смеси составила ; Здесь W_i - вес каждого калибра, W - вес всей партии оссеина. Обобщённая кинетическая функция заданного состава, определяющая остаточное содержание солей в твёрдой фазе, выразится в виде зависимости: (8) - определяется из графика зависимости на рисунке 3. Рис. 3 - Зависимость относительного времени u_i от гранулометрического состава. Как видно, для стандартных калибров 3-8 мм $u_1 = 0,32$, для калибров 8-14 мм $u_2 = 0,72$, а для калибров 14-18 мм $u_3 = 0,93$, соответственно для 18-22 мм - $u_4 = 1$. В общем виде кинетическую функцию полидисперсного материала можно представить в виде (9) Для монодисперсного материала , [2]. Определение порядка реакции α и энергии активации E проводили по известным зависимостям , (10) где τ_1, τ_2 - время, необходимое для достижения одного и того же значения ω ; T_{n1}, T_{n2} - температура двух периодических опытов при одной и той же концентрации, но при разных температурах, К. , (11) где C_{n1}, C_{n2} - постоянные концентрации активного реагента. Усреднив полученные результаты, получим следующие значения энергии активации процесса нейтрализации $E = (3,01 - 4,86) \cdot 10^4$

дж/моль, а порядок реакции α близок к единице. Принимая во внимание, что процесс нейтрализации протекает во внутридиффузионной области, зависимость времени полного извлечения может быть выражена зависимостью (1), которая для вышеуказанных трёх калибров примет вид: (12) где T и C_{ϕ} - условия проведения процесса. С учётом того, что процесс проводится с декантацией, необходимо знать время каждой декантации. Их число определим из следующих соображений. Судя по кривым кинетики (рис.1) на первом участке кривой наблюдается достаточно быстрый рост концентрации солей в растворе, затем скорость нарастания концентрации выравнивается, тот же вид кривой имеет кинетическая функция по уравнению (9). Разобьём кривую на участки с равным количеством остаточных солей. Количество солей, остающихся в твёрдой фазе после первой декантации (если известно число декантаций- m) будет равно (13) Для монодисперсного материала (14) Из (14) получим при этом полагая что $x=$, находим время проведения первой декантации , (15) где η - степень растворения, определяемая экспериментально. Для полидисперсного материала уравнение (13) приведём к виду (16) заменой переменной x на $y=x+b/3a$. Тогда уравнение (13) можно выразить согласно [5] как , (16) где (17) Поскольку дискриминант $D=q^2+r^3>0$, уравнение имеет одно единственное решение или, переходя к первоначальному аргументу x , получим для полидисперсного материала следующую зависимость (18) для времени декантации (18) где a,b,c -коэффициенты из уравнений (4-6). Таким образом, уравнения (1) - (18) составляют математическую модель процесса обеззоливания оссеина в моечных машинах.