

УДК 678.023

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВСПЕНИВАТЕЛЯ
ЛАТЕКСНОЙ СМЕСИ И МЕТОДИКА ЕГО РАСЧЕТА**

А.С. Кульбашный, А.С. Клинков

*Кафедра «Переработка полимеров и упаковочное производство»,
ГОУ ВПО «ТГТУ»; polymers@asp.tstu.ru*

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: вспениватель; коагулянт; латексная смесь; пенорезина.

Аннотация: Описана конструкция установки для вспенивания латексной смеси с целью получения пенорезины. Выведено уравнение для расчета среднего размера пузырьков в пене и влияния на них технологических параметров устройства и режимов работы вспенивателя.

В комплексе оборудования по изготовлению пенорезины важное место занимает устройство для получения вспененного латекса. Это устройство включает в себя: вспениватель, смеситель, насос для подачи латекса и коагулянта, регулятор подачи воздуха.

Используемые в настоящее время в промышленности вспениватели имеют ряд техноэкономических показателей, требующих улучшения. Это относится к снижению гидравлических сопротивлений пробочной части, снижению металлоемкости, увеличению производительности и удобству проведения предналадочных работ.

С целью ликвидации указанных недостатков была предложена конструкция вспенивателя «лабиринтного» типа. Известно, что для получения качественной пены необходимо организовать наиболее интенсивную гидродинамическую обстановку в аппарате для смешения двух потоков жидкости. Наибольший эффект получим, если на турбулентный поток будет накладываться дополнительно вихревое движение, способствующее более быстрому и качественному смешению. Такая гидродинамическая обстановка в потоке жидкости создается в пробочной части работающего лабиринтного насоса [1].

Использование конструктивных особенностей насоса для вспенивания жидкостей дает возможность одновременно организовать этот процесс и перемещение полученной пены к следующей технологической операции.

Схема установки для вспенивания представлена на рис. 1, а поперечный разрез вспенивателя – на рис. 2. Возможности данной установки проводились при испытании на воде.

Конструктивные параметры вспенивателя «лабиринтного» типа были рассчитаны [1] по следующим данным: производительность по латексу $Q = 0,25$ л/с; давление нагнетания $P_n = 0,3$ МПа; число оборотов вала $n = 3000$ об/мин.

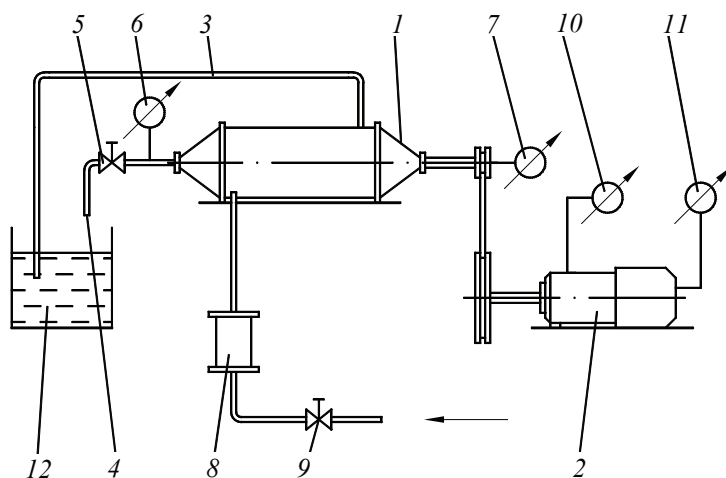


Рис. 1. Схема установки вспенивания: 1 – вспениватель; 2 – электродвигатель; 3 – всасывающий шланг; 4 – нагнетающий трубопровод; 5 – запорное устройство; 6 – манометр; 7 – тахометр; 8 – ротаметр; 9 – регулятор подачи воздуха; 10 – амперметр; 11 – вольтметр; 12 – емкость с водой

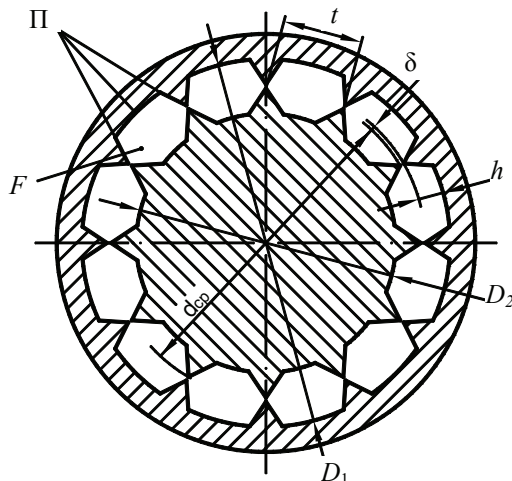


Рис. 2. Поперечный разрез вспенивателя

В результате расчета имеем диаметр ротора $d_{cp} = 100$ мм с треугольным профилем нарезки под углом 60° ; шаг между зубьями в поперечном сечении $t = 26,16$ мм; высота нарезки $h = 7,85$ мм; число заходов резьбы $z = 12$. Длина резьбы – 150 мм.

Точно такая же нарезка выполнена на внутренней поверхности корпуса вспенивателя, только противоположного направления. Ротор и внутренняя поверхность корпуса вспенивателя выполнены конусообразными, что облегчает извлечение ротора из корпуса при наличии в нем коагулюма.

Для привода принят двигатель постоянного тока 2ПБ-112 МГУХЛ 4, мощностью $N = 0,75$ кВт, с напряжением $V = 110$ В и частотой вращения вала ротора $n = 1500$ об/мин. Увеличение числа оборотов до $n = 3000$ об/мин достигается применением клиноременной передачи с передаточными числом $i = 2$.

На рис. 3 показана графическая зависимость мощности, потребляемой вспенивателем при работе на воздухе (холостой режим) и на воде при $Q = 0$.

На рис. 4 изображена основная насосная характеристика при различных оборотах ротора и зазоре между ротором и корпусом $\delta = 0,3$ мм.

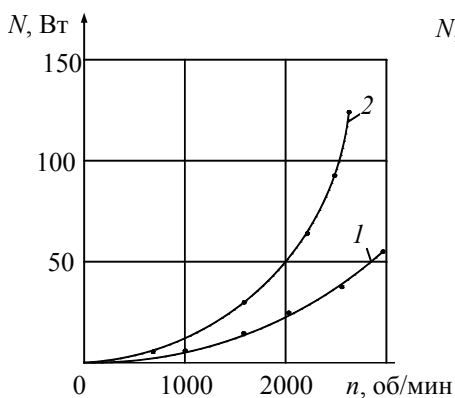


Рис. 3. Зависимость потребляемой мощности вспенивателя от числа оборотов: 1 – мощность холостого хода (воздух); 2 – мощность при $Q = 0$ (вода)

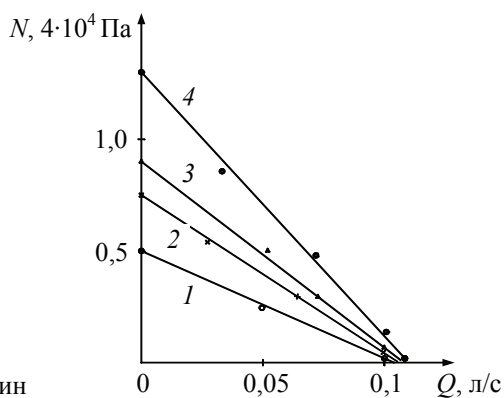


Рис. 4. Насосные характеристики вспенивателя, зазор $\delta = 0,3$ мм, n , об/мин: 1 – 2900; 2 – 2500; 3 – 2000; 4 – 1500

Пенообразование проводилось на водном растворе сульфанола НП-1 и три-натрийфосфата в весовом соотношении 1:1. Эксперименты показали, что пена образуется даже без дополнительного подвода воздуха из магистрали. Это, видимо, можно объяснить наличием неплотностей на входе жидкости во вспениватель, что ведет к подсосу окружающего воздуха.

Вспенивание латексной смеси в устройстве такого типа происходит в результате ее смешения с воздухом. Представить четко механизм образования воздушных пузырьков довольно затруднительно. Можно только предположить, что интенсивность смешения, рост образования пузырьков и их размер определяются гидродинамическими факторами, геометрией рабочих поверхностей устройства и параметрами работы вспенивателя.

Тогда число образующихся пузырьков при вращении ротора можно представить в виде зависимости

$$\frac{dN_1}{d\tau} = z \text{Re}, \quad (1)$$

где z – число заходов винта; Re – число Рейнольдса; τ – время пребывания латекса во вспенивателе, с;

$$\text{Re} = \frac{v d_{\text{пр}} \mu}{\rho}, \quad (2)$$

где v – окружная скорость винта, м/с; $d_{\text{пр}}$ – приведенный диаметр проходного сечения, м; μ – динамический коэффициент вязкости латекса, Па·с; ρ – плотность латекса, кг/м³;

$$d_{\text{пр}} = 4R_2; \quad (3)$$

$$R_2 = \frac{F}{\Pi}. \quad (4)$$

Подставляя уравнения (3) и (4) в уравнение (2) получим

$$\text{Re} = \frac{4vF\mu}{\rho\Pi}, \quad (5)$$

где F – проходное сечение вспенивателя, м²; Π – периметр проходного сечения, м; R_2 – радиус гидравлический, м.

При работе вспенивателя происходит как образование, так и разрушение пузырьков в результате их объединения, обусловленных разностью диаметров и внутреннего давления. Принимая такой механизм уменьшения количества пузырьков, будем считать, что их число определяется зависимостью

$$\frac{dN_2}{d\tau} = bN_1, \quad (6)$$

где b – коэффициент.

Тогда количество образованных пузырьков

$$dN = dN_1 - dN_2. \quad (7)$$

Из уравнений (1), (6), (7) определяем число пузырьков

$$N = z \operatorname{Re} \tau (1 + 0,5b\tau). \quad (8)$$

В свою очередь число пузырьков в пене

$$N = \frac{3V_B}{3\pi r^3}, \quad (9)$$

где V_B – объем воздуха в пене, м^3 ; r – средний радиус пузырьков в пене, м.

В уравнении (9) выразим V_B через кратность пены K , которая определяется выражением

$$K = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{л}}} = \frac{V_B + V_{\text{л}}}{V_{\text{л}}},$$

где $V_B = V_{\text{л}}(K - 1)$; $V_{\text{л}}$ – объем латекса, л; $V_{\text{п}}$ – объем пены, л.

Тогда

$$N = \frac{3V_{\text{л}}(K - 1)}{3\pi r^3}. \quad (10)$$

Из уравнений (8) и (10) определяем радиус пузырьков

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V_{\text{л}}(K - 1)}{4\pi z \operatorname{Re} \tau (1 + 0,5b\tau)}}. \quad (11)$$

Расход латекса при вспенивании

$$Q_{\text{л}} = \frac{V_{\text{л}}}{\tau}. \quad (12)$$

Линейная скорость вращения винта

$$v = \frac{\pi d_{\text{ср}} n}{60}, \quad (13)$$

где $d_{\text{ср}}$ – средний наружный диаметр винта, м; n – число оборотов винта, об/мин.

Подставим значение Re , v , $Q_{\text{л}}$ в (11) и получим

$$r = 1,045 \sqrt[3]{\frac{3Q_{\text{л}}(K - 1)\Pi\mu}{zd_{\text{ср}}nF(1 + 0,5b\tau)\rho}}. \quad (14)$$

Смоченный периметр проходного сечения вспенивателя

$$\Pi = [\pi(D_1 + D_2) + 2t(2 - z)], \quad (15)$$

где D_1 – диаметр впадин винта, м; D_2 – диаметр впадин втулки, м; t – ширина зуба, м.
В свою очередь

$$D_1 = d_{cp} + 2t; \quad (16)$$

$$D_2 = d_{cp} - 2t. \quad (17)$$

Подставим уравнения (16) и (17) в уравнение (15), тогда

$$\Pi = 2(\pi d_{cp} + 2t - tz). \quad (18)$$

Проходное сечение вспенивателя

$$F = \left[\frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) - 2fz \right], \quad (19)$$

где $f = \frac{t^3}{4} \sqrt{3}$ – площадь зуба в сечении ротора, м².

Выразим D_1 и D_2 через их значения

$$F = \pi d_{cp} t - \frac{zt^2}{2} \sqrt{3}. \quad (20)$$

Подставим уравнения (18) и (20) в уравнение (14)

$$r = 1,045 \sqrt[3]{\frac{3Q_n(k-1)\mu(\pi d_{cp} + 2t - tz)}{z d_{cp} n \rho (1 + 0,5b\tau) (\pi d_{cp} t - \frac{zt^2}{2} \sqrt{3})}}. \quad (21)$$

Уравнение (21) позволяет сделать предварительный расчет среднего размера пузырьков в пене в зависимости от технологических параметров устройства и условий работы вспенивателя.

Список литературы

1. Голубев, А.И. Лабиринтные насосы для химической промышленности / А.И. Голубев. – М. : Машгиз, 1961. – 75 с.
2. Милн-Томсон, Л.М. Теоретическая гидродинамика / Л.М. Милн-Томсон. – М. : Мир, 1964. – 660 с.
3. Самойлович, Г.С. Гидрогазодинамика : учеб. пособие / Г.С. Самойлович. – М. : Машиностроение, 1990. – 384 с.

Design Engineering of Foaming Machine for Latex Composition and the Technique of its Calculation

A.S. Kulbashniy, A.S. Klinkov

*Department "Processing of Polymers and Packaging", TSTU;
polymers@asp.tstu.ru*

Key words and phrases: coagulant; foaming machine; foam rubber; latex composition.

Abstract: The article describes the design of the foaming machine for the latex composition used for the foam rubber production. The article establishes the equation for the calculation of the blobs average quantity in the foam, the impact of the process parameters on them, and the operating mode of the foaming machine.

Erarbeitung der Konstruktion des Schäumers der Latexmischung und Methodik seiner Berechnung

Zusammenfassung: Es ist die Konstruktion des Schäumers der Latexmischung für die Erhaltung des Schaumgummis beschrieben. Es ist die Gleichung für die Berechnung der Mittelgröße der Bläschen im Schaum und der Einwirkung der technologischen Parameter der Anlage und des Arbeitsablaufes des Schäumers aufgestellt.

Elaboration de la construction du réactif moussant du mélange de latex et méthode de son calcul

Résumé: Est décrite la construction de l'installation pour le moussage du mélange de latex dans le but de l'obtention du caouthouc mousse. Est déduite une équation pour le calcul de la dimension moyenne des bulles dans la mousse et l'influence sur celles-ci des paramètres technologiques du dispositif et des régimes de travail du réactif moussant.

Авторы: *Кульбаиный Антон Сергеевич* – аспирант кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство»; *Клинков Алексей Степанович* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство», ГОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Попов Николай Сергеевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды», проректор по международным связям, ГОУ ВПО «ТГТУ».
