

*И. И. Бортников, И. М. Плехов, В. Н. Гуляев,  
С. И. Аленгоз, В. М. Яценко*

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ РЕАГЕНТОВ

Приготовление водных растворов натрийкарбоксиметилцеллюлозы (Na КМЦ) — один из важных технологических процессов обогатительных фабрик калийных комбинатов. Увеличение мощности калийных комбинатов связано с увеличением производительности отделения подготовки реагентов. Однако увеличение производительности применяемых ныне аппаратов-растворителей представляет значительную трудность.

В задачу экспериментального исследования интенсификации процесса растворения Na КМЦ входило изучение влияния на время полного растворения режима загрузки, типа, частоты вращения перемешивающих устройств, числа мешалок на валу, температуры и конечной концентрации раствора, а также влияния некоторых конструктивных факторов аппарата.

Использовали цилиндрический сосуд с плоским дном  $D=300$  мм. В качестве перемешивающих устройств применялись турбинные открытые, пропеллерные и лопастные нормализованные [1] мешалки диаметром 100 и 200 мм.

Опыты проведены в аппарате с перегородками и без них. Во всех опытах высота заполнения аппарата  $H=D$ . Работа пропеллерных мешалок исследовалась в аппарате с диффузором и без диффузора (рис. 1). Диффузор был снабжен шестью внутренними перегородками. При исследовании влияния количества мешалок на валу использовались две турбинные мешалки диаметром  $d_m = 100$  мм, расположенные друг от друга на расстоянии  $l'$ , равном диаметру мешалки ( $l'=d_m$ ). Рабочие частоты вращения мешалок  $n$  об/сек принимались по рекомендации нормали [1]. Использовалась крошка Na КМЦ с размерами частиц  $3 \div 50$  мм. Время загрузки Na КМЦ в аппарат для разных режимов составляло  $5 \div 10$  сек и  $4 \div 5$  мин. Концентрация раствора определялась на рефрактометре типа РПЛ-2.

За время полного растворения ( $\tau_0$ , сек) Na КМЦ в воде принималось время, начиная с которого величина концентрации Na КМЦ практически

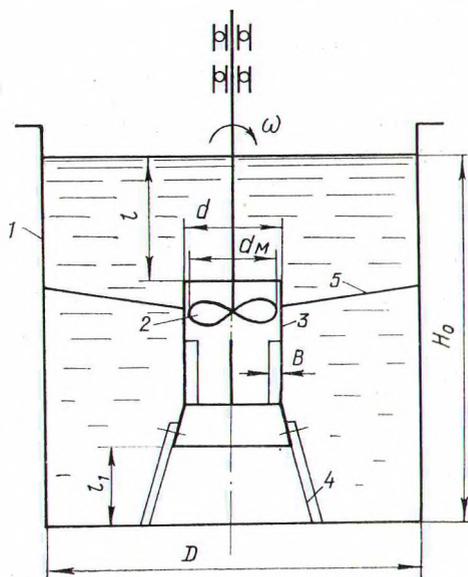


Рис. 1. Аппарат с диффузором.

не изменялась при дальнейшем продолжении процесса перемешивания.

Опыты показали, что концентрация раствора в данный момент времени в различных точках аппарата одинакова. Это позволило в дальнейшем во всех опытах брать только одну пробу в любом месте аппарата.

Реологические характеристики водных растворов Na КМЦ изучались на вискозиметре типа «Реотест».

Результаты процесса растворения Na КМЦ в воде показали, что с увеличением времени загрузки последние порции Na КМЦ загружаются в вязкий раствор, что приводит к резкому увеличению времени полного растворения ( $\tau_0$ ). Таким образом, время загрузки Na КМЦ в аппарат должно быть минимальным. Причем загрузка должна производиться только при включенной мешалке, так как при невращающейся мешалке загруженный Na КМЦ быстро оседает и слипается на дне аппарата, что приводит к значительному увеличению  $\tau_0$ . Изменение диаметра исследуемых частиц несущественно влияет на время полного растворения.

Проведенные опыты позволили установить, что использование мешалок различного типа практически не изменяет времени полного растворения Na КМЦ. Наилучшей конструкцией для приготовления растворов высокой концентрации (6–12%) является аппарат без перегородок с пропеллерным перемешивающим устройством, заключенным в диффузор, снабженный внутренними перегородками (см. рис. 1). Хорошие результаты, полученные в аппарате такой конструкции, можно объяснить тем, что применение в аппарате направляющего диффузора интенсифицирует перемешивание, обеспечивает направленную циркуляцию среды и устраняет воронкообразование в начальный момент, что способствует значительно уменьшению времени полного растворения.

Результаты опытов по исследованию частоты вращения мешалок на время растворения Na КМЦ показали, что частота вращения мешалки незначительно интенсифицирует процесс растворения. Так, увеличение  $n$  более чем в 5 раз приводит к уменьшению  $\tau_0$  на 5–6 мин, что составляет 15% от всего времени растворения, а затраты энергии, пропорциональные кубу частоты вращения мешалки, при этом резко возрастают. Следовательно, частота вращения мешалки должна быть минимальной, обеспечивающей равномерное распределение загружаемого Na КМЦ в воде и необходимую циркуляцию среды, и соответствовать рекомендации [1]. Применение нескольких мешалок на валу не рационально, так

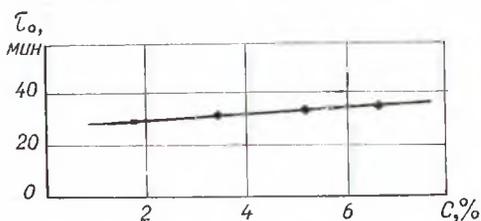


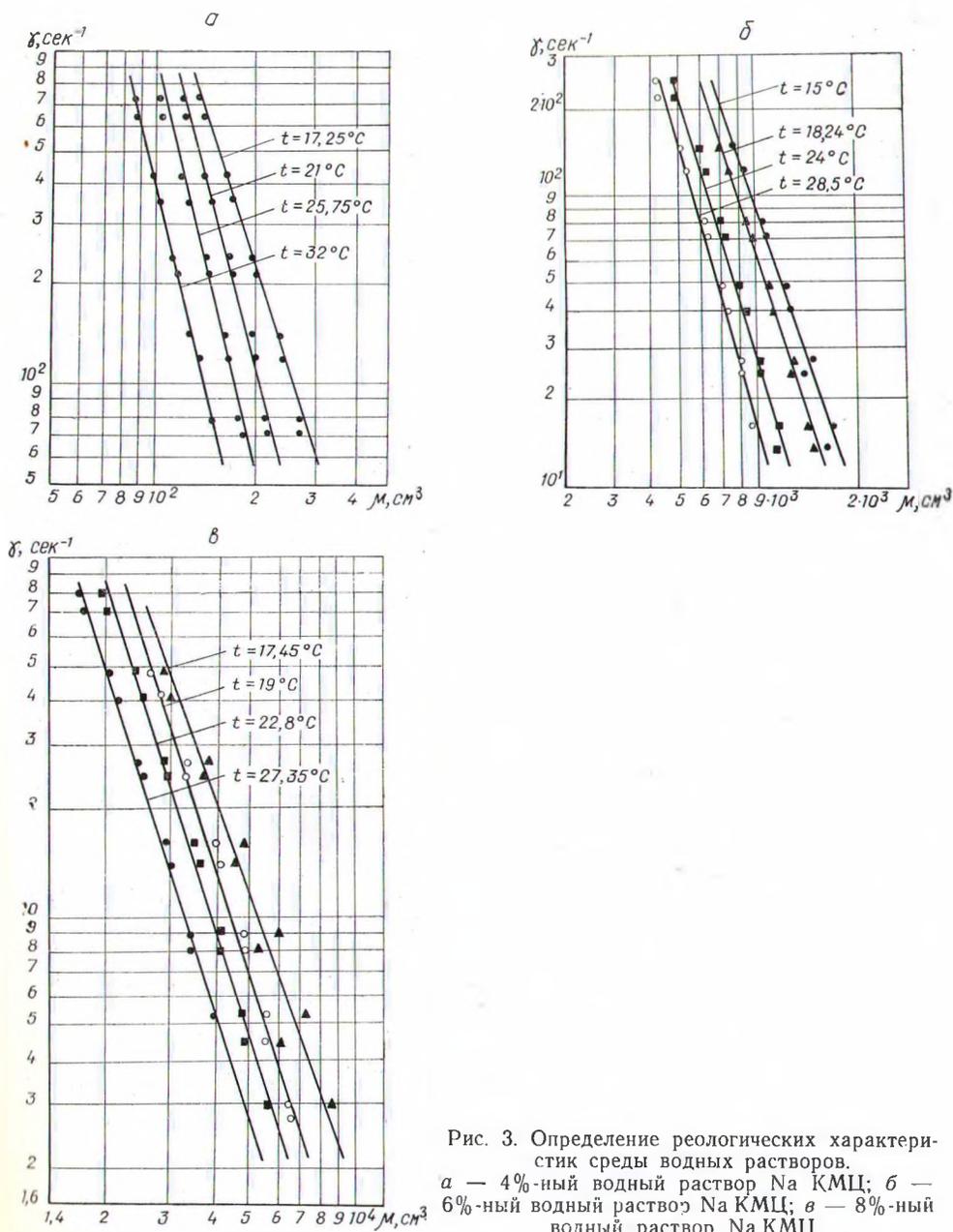
Рис. 2. Изменение  $\tau_0$  при резком увеличении концентрации растворов.

как с увеличением числа мешалок резко возрастают затраты энергии на перемешивание, а время полного растворения Na КМЦ остается практически неизменным.

Повышение температуры раствора до 30–35°C значительно уменьшает время растворения, однако дальнейшее повышение температуры от 35 до 50°C на время растворения практически не влияет. Поэтому оптимальная температура водного раствора Na КМЦ лежит в пределах 35–40°C.

Опытные данные по изучению времени полного растворения при приготовлении растворов различной концентрации показали, что при резком увеличении концентрации приготовляемых растворов Na КМЦ,  $\tau_0$  увеличивается незначительно (рис. 2). Разбавление высококонцентрированных растворов Na КМЦ до малой концентрации происходит быстро и составляет, например, при дорастворении 4%-ного раствора до 2%-ного 5–6 мин. Таким образом, для повышения производительности аппа-

ратов целесообразно готовить высококонцентрированные растворы ( $c=4\div 8\%$ ) с дальнейшим разбавлением их до нужной концентрации. Приготавливать водные растворы Na КМЦ с концентрацией выше 8% нецелесообразно, поскольку это приводит к значительной трудности при



выгрузке вязкого продукта и, кроме того, резко увеличивает время до-растворения его до малых концентраций.

При перемешивании высококонцентрированных растворов (свыше 8%) отчетливо выражен эффект Вайсенберга, когда перемешиваемая масса поднимается по валу. Это говорит о том, что водные растворы Na КМЦ относятся к классу неньютоновских жидкостей.

Известно [2], что мощность, затрачиваемая на перемешивание, определяется по формуле

$$N = K_N \rho n^3 d_M^5 \text{ вт,} \quad (1)$$

где  $\rho$  — плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

$K_N$  — критерий мощности, зависящий от типа, размеров мешалки и центробежного критерия Рейнольдса  $Re_{ц} \frac{\rho n d_M^2}{\mu_{экв}}$ ;

$\mu_{экв}$  — эквивалентная вязкость среды, н·сек/м<sup>2</sup>.

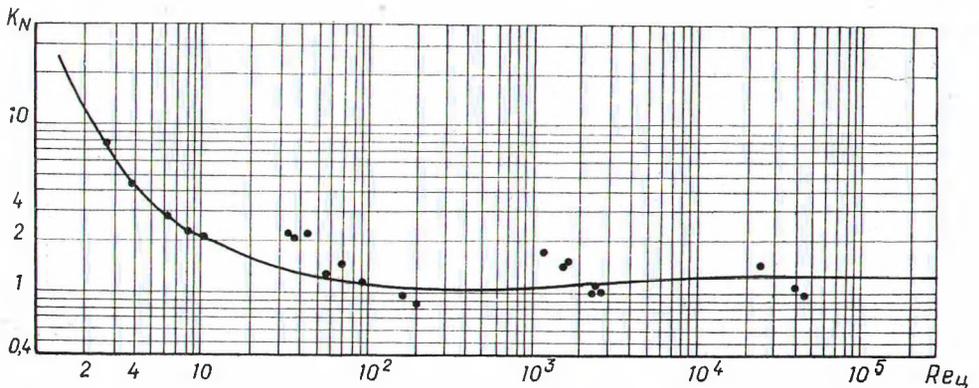


Рис. 4. Зависимость  $K_N$  от  $Re_{ц}$ .

Для неньютоновских жидкостей вязкость не является физической характеристикой, а зависит от усредненной скорости сдвига в аппарате  $\gamma$ , определяемой по выражению

$$\gamma = Kn. \quad (2)$$

Для пропеллерных мешалок  $K = 10$ .

Опытные данные по определению реологических характеристик водных растворов Na КМЦ приведены на рис. 3, 4. Полученные зависимости позволяют по известной скорости сдвига [2] определить эквивалентную вязкость раствора, необходимую при расчете мощности аппарата. В результате проведенных экспериментальных исследований по затратам энергии на перемешивание в аппарате с пропеллерной мешалкой в направляющем диффузоре, снабженном внутренними перегородками, получена графическая зависимость критерия мощности  $K_N$  от центробежного критерия Рейнольдса  $Re_{ц}$  (рис. 4). Таким образом, приведенные экспериментальные исследования позволяют рассчитать по известной [1] зависимости мощность привода аппарата для приготовления водных растворов Na КМЦ.

#### Литература

- [1] Мн 5 874-66. Аппараты с перемешивающими устройствами, вертикальные. Перемешивающие устройства механические. Типы, параметры, конструкция и исполнительные размеры. Технические требования. М., 1970 [2] РТМ 144-66. Аппараты с перемешивающими устройствами, вертикальные. Перемешивающие устройства механические. Методика расчета. М., 1970.