

УДК 66.063.61

**ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ
ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ
РАЗЛИЧНЫМИ НАСАДКАМИ РОТОРНОЙ МЕШАЛКИ***

**FEATURES OF MECHANICAL ACTIVATION
OF THE DISTILLED WATER
BY DIFFERENT NOZZLES OF THE ROTOR AGITATOR**

S.V. ФЕДОСОВ, М.В. АКУЛОВА, Е.В. ЗИНОВЬЕВА
S.V. FEDOSOV, M.V. AKULOVA, E.V. ZINOVYEVA

(Ивановский государственный политехнический университет)
(Ivanovo State Polytechnical University)
E-mail: zinoveva.ev@mail.ru

Рассмотрена активационная эффективность трех типов насадок роторной мешалки в интервале частот вращения 200...1400 об/мин. Показано наличие и отмечены особенности двух характерных режимов активации: низкоскоростного и высокоскоростного. Указаны преимущества насадки типа конфузур-диффузур в процессе генерирования ионов воды.

Examined the activation efficiency of the three types of nozzles rotary agitator speeds in the range 200...1400 rev/min. The presence and marked features of two characteristic modes of activation: low speed and high speed. These advantages nozzle type confuser diffuser in generating ions of water.

Ключевые слова: дисперсные композиции, роторная мешалка, насадка конфузур-диффузур, механоактивация, ионы гидроксония.

Keywords: dispersed compositions, rotor mixer, nozzle confuser-diffuser, mechanical activation, hydroxonium ions.

Водные растворы неорганических и органических веществ широко используются в строительной индустрии на стадиях приготовления гидроизоляционных материа-

лов, водоземulsionных красок и строительных растворов. Важную роль в стабилизации агрегативно-неустойчивого дисперсного водного композита играют ионы

* Работа выполнена при поддержке научного проекта в рамках реализации проектной части государственного задания в сфере научной деятельности, контракт № 11.1798.2014/К.

воды [1]. Вода в отличие от большинства других жидких химических веществ обладает комплексом аномальных физико-химических свойств [2]. Объяснить наличие этих аномалий на основании природы атомов, определяющих строение молекулы воды, не представляется возможным. Поэтому предпринимались попытки экспериментальных [3] и теоретических исследований [4], направленных на установление связи надмолекулярных строений водных ассоциатов, существующих при разных температурах в жидкой воде, с ее аномальными свойствами.

Вода является наиболее устойчивым химическим соединением в классе похожих по строению соединений: H_2S , H_2Se , H_2Te , NH_3 , CH_4 . Попытки разрушения молекулы воды в результате фотодиссоционных воздействий показали, что она обладает самым низким квантовым выходом реакции диссоциации [2]. Это объясняется тем, что в ответ на возбуждение молекула воды способна легко изменить одно устойчивое конформационное состояние на другое.

В работе [5] показана возможность образования ионов воды в роторной мешалке с использованием насадки типа конфузор-диффузор. В данной работе рассмотрены особенности образования ассоциатов в виде ионов с сольватирующими гидратными оболочками в дистиллированной воде при разной интенсивности перемешива-

ния ее тремя типами роторных насадок. Ионы, образующиеся в результате механоактивации, в отличие от молекул воды легко вступают в химические реакции [2], что может способствовать совершенствованию технологических процессов с их участием и получению изделий с высокими потребительскими свойствами.

При перемешивании дистиллированной воды насадками разных конструкций по истечении определенного времени устанавливаются стационарные значения рН, свидетельствующие об изменении концентрации ионов воды. На рис. 1 (зависимость изменения значений рН воды от скорости вращения насадок роторной мешалки: 1 – пропеллер, 2 – конфузор, 3 – конфузор-диффузор) показаны кривые отклонения стационарных значений рН от значения рН = 6,6 (рН = 6,6 соответствует ГОСТу 6709–72) в роторной мешалке при воздействии на молекулы воды разными насадками. При этом уровень интенсивности воздействия на молекулы воды можно оценить по диссипации энергии в процессе перемешивания, показанной на рис. 2 (температура воды при воздействии насадок роторной мешалки: 1 – пропеллер, 2 – конфузор, 3 – конфузор-диффузор, при частоте вращения 400 об/мин) и рис. 3 (температура воды при воздействии насадок роторной мешалки: 1 – пропеллер, 2 – конфузор, 3 – конфузор-диффузор, при частоте вращения 1200 об/мин).

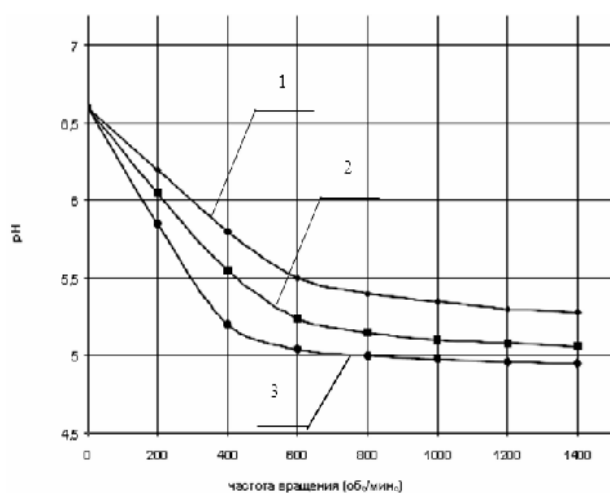


Рис. 1

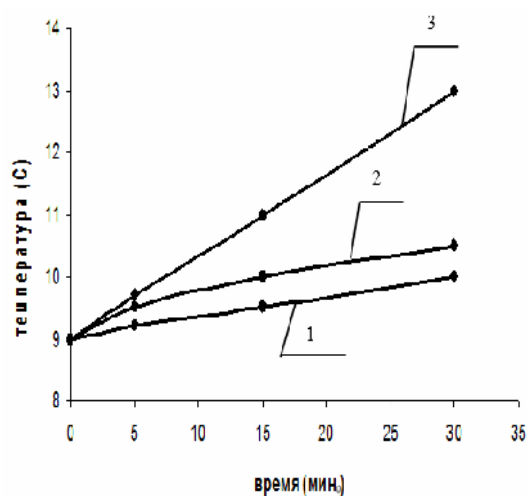


Рис. 2

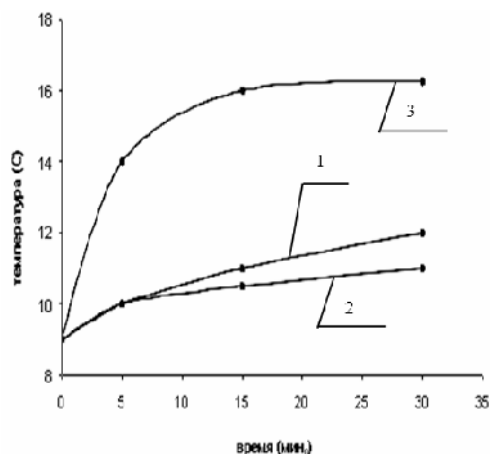
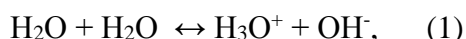


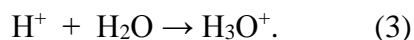
Рис. 3

Механизм реакции механоактивации может протекать в одну или две стадии следующим образом [6], [7]:

– образование активированного комплекса с распадом на два иона:



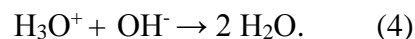
– разрыв связей в молекуле воды:



Важно отметить, что ионы гидроксония H_3O^+ и гидроксид-ионы OH^- индуцируют сильные электрические поля [7], [8] и по этой причине при образовании мгновенно сольватируются (гидратируются) и существуют в виде ассоциатов с несколькими оболочками полярных молекул воды.

Процесс механоактивации, протекающий в одну стадию через образование активированного комплекса, преимущественно может происходить в результате низкоинтенсивных перемешивающих воздействий [6]. При высокоинтенсивных процессах перемешивания наряду с распадом по механизму (1) возможна реализация процесса по механизму (2), (3). Однако в условиях интенсивного перемешивания часть сольватирующих оболочек неизбежно разрушается, и наряду с прямой эндотермической реакцией начинает протекать обратная экзотермическая реакция нейтрализации ионов с образованием из гидрок-

сид-иона и иона гидроксония двух молекул воды [6]:



Анализ кривых изменения рН (рис.1) и температуры активируемой воды (рис.2, 3) показывает, что при частотах вращения мешалок, меньших 400 об/мин, в основном реализуется механизм механоактивации по схеме (1), о чем свидетельствует корреляция кривых изменения температуры перемешиваемой воды и ее рН. При более высоких числах оборотов эта корреляция нарушается и наряду с механизмом активации по схеме (1) включается механизм, основанный на реакциях (2), (3) и (4).

Следовательно, при высокоинтенсивном перемешивании наряду с диссипацией энергии, вызванной межмолекулярным трением и взаимодействием молекул воды с поверхностью мешалки и стенками смесительного аппарата, происходит выделение тепла в экзотермической реакции нейтрализации ионов [6]. Причем энергия активации обратной реакции меньше энергии активации образования ионов и поэтому только наличие сольватирующих оболочек ионов, блокирующих возможность течения реакции нейтрализации ионов, позволяет увеличивать их концентрацию при увеличении частоты вращения ротора. При частоте вращения, превышающей эффективную частоту активации ω_* для всех типов роторных насадок, но в разной мере, наблюдается значительное увеличение доли обратной экзотермической реакции, вносящей вклад в повышение температуры перемешиваемой воды.

Количественно образование ионов в результате процессов активации в мешалках с частотой вращения ротора $200 < \omega < \omega_*$ об/мин для насадок разного типа можно представить в виде следующего соотношения :

$$N_{\text{H}} = 2N_{\text{A}} \exp\{-2,3(6,6 - K_{\text{Ha}} \omega)\}, \quad (5)$$

а число ионов при увеличении скорости вращения ротора свыше ω_* можно записать в следующем виде:

$$N_B = 2N_A \exp\{-2,3 [6,6 - (K_{Ha} - K_{Ba}) \omega_{\text{э}} - K_{Ba} \omega]\}, \quad (6)$$

где N_H и N_B – стационарные значения числа ионов, генерированных при частоте вращения ротора ω соответственно при низкоскоростном и высокоскоростном режиме активации (ионов/литр); $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ – число Авогадро; численный множитель "2" в соотношениях (5) и (6) учитывает парность образующихся ионов воды; ω – частота вращения ротора (об/мин); $\omega_{\text{э}}$ – эффективная частота активации, при которой происходит пере-

ход из низкоскоростного в высокоскоростной режим активации (об/мин); K_{Ha} и K_{Ba} – коэффициент эффективности низкоскоростной и высокоскоростной активации.

Значения коэффициентов эффективности низкоскоростной K_{Ha} и высокоскоростной K_{Ba} активации для трех типов насадок, а также эффективные частоты активации $\omega_{\text{э}}$, при которой происходит переход из низкоскоростного в высокоскоростной режим активации, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Тип роторной насадки	Эффективная частота активации $\omega_{\text{э}}$, об/мин	K_{Ha} при $\omega < \omega_{\text{э}}$ об/мин	K_{Ba} при $\omega > \omega_{\text{э}}$ об/мин
Конфузор-диффузор	450	0,00375	0,0001125
Конфузор	510	0,00269	0,000225
Пропеллер	545	0,002	0,000275

Следовательно, чем ниже число оборотов вращения ротора, при котором происходит переход из низкоскоростного режима активации, характеризующегося высокой скоростью образования ионов, в высокоскоростной режим с возрастающей скоростью нейтрализации ионов, тем выше активационная эффективность роторной насадки.

Численные значения количества ионов, образовавшихся в результате механоактивации в условиях стационарных режимов, для устройств разной конструкции при скорости перемешивания 400 об/мин и 1200 об/мин представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Тип роторной насадки	N_H (ионов/литр) при $\omega = 400$ об/мин	N_B (ионов/литр) при $\omega = 1200$ об/мин
Конфузор-диффузор	$95,64 \cdot 10^{17}$	$178,86 \cdot 10^{17}$
Конфузор	$36,03 \cdot 10^{17}$	$101,81 \cdot 10^{17}$
Пропеллер	$19,08 \cdot 10^{17}$	$56,33 \cdot 10^{17}$

Из данных табл. 1 и 2 следует, что при перемешивании в режиме активации при низкоскоростных воздействиях наибольшей эффективностью генерирования ионов воды обладает насадка типа конфузор-диффузор. Однако в условиях высокоскоростных воздействий ее эффективность по сравнению с другими типами насадок снижается в большей мере.

При температуре выше 8°C ассоциаты не ионного типа в воде не устойчивы [3] и по этой причине не могут оказывать влияния на поведение более стабильных ассоциатов ионного типа, поэтому гибель

ионов при перемешивании определяется устойчивостью их гидратных оболочек.

Основным фактором, влияющим на уменьшение эффективности процесса активации воды насадкой типа конфузор-диффузор при высоких скоростях вращения ротора, является более жесткое гидродинамическое воздействие этой насадки на ассоциаты гидратных оболочек, экранирующих ионы, что приводит к разрушению этих оболочек и запуску реакции нейтрализации ионов. Дополнительным фактором, негативно влияющим на эффективность образования ионов за счет сни-

жения устойчивости ионных ассоциатов, является повышение температуры [7] воды как в силу диссипации энергии в условиях более интенсивного перемешивания, так и за счет большего вклада по сравнению с иными типами насадок экзотермической реакции нейтрализации ионов.

Следует отметить, что использование воды в качестве дисперсионной среды при изготовлении дисперсных композиций в режиме механоактивации может приводить к изменениям значений эффективной частоты активации ω_0 , характеризующей изменение энергетических затрат, необходимых для генерирования ионов воды.

ВЫВОДЫ

В процессе активации для всех насадок наблюдается два режима генерирования ионов – низкоскоростной и высокоскоростной, отделенных переходной областью. Энергетическая эффективность процесса активации дистиллированной воды в роторной мешалке в переходной области (450...550 об/мин) начинает падать в зависимости от типа используемой насадки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние различных типов перемешивающих устройств на дисперсионный состав и свойства эмульсий // Приволжский научный журнал. – №4. С.79...84.
2. Зацепина Г.Н. Физические свойства и структура воды. – М.: Изд-во МГУ, 1987.
3. Стебновский С.В. Динамооптический эффект в гомогенных жидкостях // Журнал технической физики. – 2002. Т. 72, вып 11. С.24.
4. Веденов А.А. Физика растворов. – М.: Наука, 1984.
5. Зиновьева Е.В. Особенности механоактивационных процессов в дистиллированной воде //

Сб. науч. тр. по материалам круглого стола, посвященного науч. шк. акад. РААСН, д-ра техн. наук, проф. С.В.Федосова: Разработка машин и агрегатов, исследование тепломассообменных процессов в технологиях производства и эксплуатации строительных материалов и изделий / Иван. гос. политехн. ун-т. – Иваново: ПресСто, 2013. С.128...131.

6. Эммануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. – М.: Высшая школа, 1984.

7. Рэмсден Э.Н. Начала современной химии. – Л.: Химия, 1989.

8. Энтелис С.Г., Тигер Г.П. Кинетика реакций в жидкой фазе. Количественный учет влияния среды. – М.: Химия, 1973.

REFERENCES

1. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinov'eva E.V. Vliyanie razlichnyh tipov peremeshivajushhih ustrojstv na dispersionnyj sostav i svojstva jemul'sij // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – №4. S.79...84.
2. Zacepina G.N. Fizicheskie svojstva i struktura vody. – М.: Izd-vo MGU, 1987.
3. Stebnovskij S.V. Dinamoopticheskiy jeffekt v gomogennyh zhidkostjah // Zhurnal tehnicheckoj fiziki. – 2002. T. 72, vyp 11. S.24.
4. Vedenov A.A. Fizika rastvorov. – М.: Nauka, 1984.
5. Zinov'eva E.V. Osobennosti mehanoaktivacionnyh processov v distillirovannoj vode // Sb. nauch. tr. po materialam kruglogo stola, posvjashhenogo nauch. shk. akad. RAASN, d-ra tehn. nauk, prof. S.V.Fedosova: Razrabotka mashin i agregatov, issledovanie teplomassoobmennyyh processov v tehnologijah proizvodstva i jekspluatcii stroitel'nyh materialov i izdelij / Ivan. gos. politehn. un-t. – Ivanovo: PresSto, 2013. S.128...131
6. Jemmanujel' N.M., Knorre D.G. Kurs himicheckoj kinetiki. – М.: Vysshaja shkola, 1984.
7. Rjemsden Je.N. Nachala sovremennoj himii. – L.: Himija, 1989.
8. Jentelis S.G., Tiger G.P. Kinetika reakcij v zhidkoj faze. Kolichestvennyj uchet vlijaniya sredy. – М.: Himija, 1973.

Рекомендована кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов. Поступила 29.09.15.