

Согласно данным ТГА температура 5%-ной потери массы полимера составляет 448 °С.

Для стабильной работы электронных устройств необходимо применение теплосъемных электроизолирующих материалов.

Для получения теплопроводящих электроизолирующих материалов была выбрана матрица на основе сшитого полидиметилсилоксана, эластичные свойства которой способны обеспечить максимальный контакт устройства с материалом, что значительно увеличит теплоток между устройством и радиатором.

В качестве теплопроводящего наполнителя был использован нитрид бора (BN), сочетающий в себе высокую теплопроводность и низкий, по сравнению с другими теплопроводящими наполнителями, удельный вес.

Формование и отверждение изделий проводили при ступенчатом подъеме температуры: 2 от 130 до 160 °С.

Согласно результатам испытаний наибольшую теплопроводность имел образец, содержащий 60 вес. % BN с фракционным составом частиц наполнителя 1 мкм/10 мкм 2/3 (по массе). Показано, что при увеличении количества наполнителя с 30 до 60 % сжимаемость материала уменьшается с 32 до 11 %.

В данной работе предложены методы получения материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. Созданы образцы связующих материалов для получения углепластиков с рабочей температурой до 400 °С. Получены эластичные теплопроводящие электроизолирующие материалы со значением теплопроводности 1,3 Вт/м·К, сжимаемостью 21 % при давлении 2,0 МПа.

© Здвижков А. Т., Аристов В. Ф., 2016

УДК 66.015.23

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРЦИАЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ В КОЛОННЕ С НИЗКИМ МАССООБМЕНОМ

Д. А. Земцов, Н. А. Войнов, И. В. Земцова

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: voynov@siberianet.ru

*Представлены результаты исследования укрепления смеси этанол–вода в колонне с низкими массообменными характеристиками в условиях термической ректификации. Показан вклад парциальной конденсации на процесс укрепления смеси.*

*Ключевые слова: ректификация, парциальная конденсация, этанол, флегма, дистиллят, термические эффекты.*

## RESEARCHING PARTIAL CONDENSATION IN THE COLUMN WITH LOW MASS TRANSFER

D. A. Zemtsov, N. A. Voinov, I. V. Zemtsova

Reshetnev Siberian State Aerospace University  
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: voynov@siberianet.ru

*The research presents results of the study for strengthening ethanol-water mixture in a column with low mass-transfer characteristics in terms of thermal distillation. It shows the contribution of the partial condensation to the process of strengthening the mixture.*

*Keywords: distillation, partial condensation, ethanol, reflux, distillate, the thermal effects.*

Одной из ключевых проблем при конструировании ректификационных колонн является разработка высокоэффективных ступеней с низким гидравлическим сопротивлением. Однако для обеспечения высокой эффективности требуется турбулизация фаз в зоне контакта, что приводит к росту гидравлического сопротивления [1; 2]. Для решения указанного противоречия в работе предложено использовать контактные ступени с низкими массообменными параметрами, а интенсификацию укрепления смеси проводить за счет

целенаправленного воздействия на процесс эффектов термической ректификации.

В данной работе исследован способ термической ректификации, заключающийся в частичной конденсации поднимающихся паров смеси на ступени и испарении конденсата на теплопередающей поверхности пластины до контакта его со стекающей по колонне флегмой [3; 4].

Экспериментальная установка (рис. 1) была выполнена из царг диаметром 200 мм, снабжена 25 кон-

тактными ступенями высотой по 70 мм. Контактная ступень состоит из перфорированных пластин, изготовленных из медного листа толщиной 0,5 мм края которых отбортованы на высоту 1 мм. Расстояние между пластинами выдерживалось равным 32 мм. По оси колонны устанавливался дефлегматор – медная труба диаметром 26 мм, в полость которой подавалась охлаждающая вода при начальной температуре 10–70 °С. Коэффициент теплоотдачи при организации пленочного течения в трубе составил 3000–10000 [5].

Согласно данным, при плотности орошения конденсата на верхних пластинах менее 0,02–0,03 кг/м<sup>2</sup>·с конденсат прогревался до температуры кипения (рис. 2).

Удельный расход скопировавшихся паров воды представлен на рис. 3. Видно, что с уменьшением концентрации этанола в паровой смеси и увеличением расхода конденсата величина  $l_w$  возрастает.

На контактных ступенях с низким массообменом воздействие парциальной конденсации на процесс ректификации позволило увеличить до 1,5 раз общую

эффективность ступени по сравнению с адиабатической ректификацией при сравнительно низком гидравлическом сопротивлении ступени менее 100 Па.

### Библиографические ссылки

1. Пленочная тепло- и массообменная аппаратура / В. М. Олевский [и др.]. М. : Химия, 1988. 240 с.
2. Руководство по лабораторной перегонке : пер. с нем. / под ред. В. М. Олевского. М. : Химия, 1980. 520 с.
3. Пат. 2437698 Российская Федерация. Способ ректификации / Войнов Н. А., Паньков В. А., Войнов А. Н. Бюл. 2011. № 36. 7 с.
4. Пат. 2445996 Российская Федерация. Ректификационная колонна / Войнов Н. А., Паньков В. А., Войнов А. Н. Бюл. 2012. № 9. 6 с.
5. Войнов Н. А., Николаев А. Н. Теплосъем при пленочном течении жидкости. Боргес, 2005. 123 с.

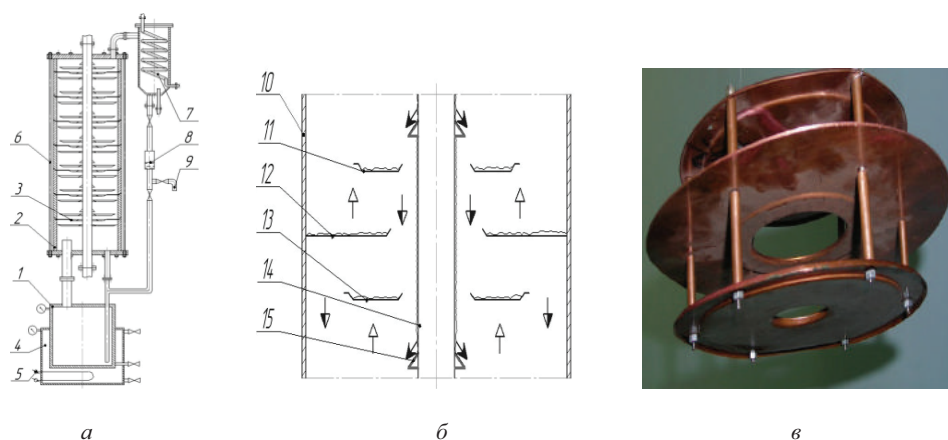


Рис. 1. Схема колонны термической ректификации (а), потоки на ступени (б), общий вид тарелки (в); 1 – куб; 2 – колонна; 3 – тарелка; 4 – рубашка; 5 – электронагреватель; 6 – шпилька; 7 – конденсатор; 8 – смотровое окно; 9 – пробоотборник; 10 – царга; 11 – верхняя пластина; 12 – средняя пластина; 13 – нижняя пластина; 14 – дефлегматор; 15 – распределитель конденсата;  $\blacktriangleright$  – вода;  $\blacktriangleright$  – пар;  $\blacktriangleright$  – рабочая смесь;  $\blacktriangleright$  – конденсат

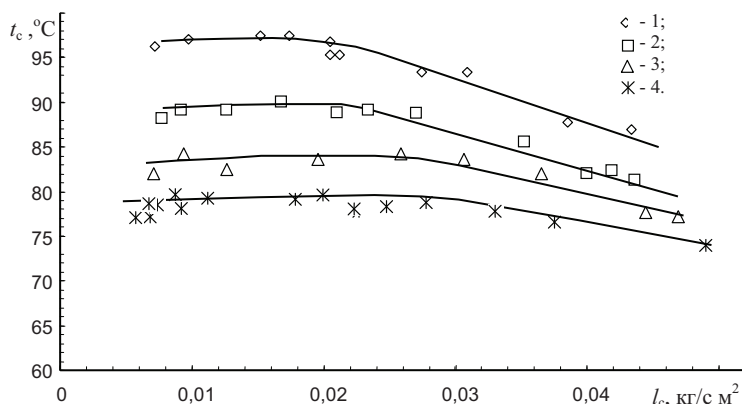


Рис. 2. Изменение температуры конденсата от плотности орошения.

Экспериментальные точки (1–4):

1 –  $X_c = 3$  мас. %; 2 –  $X_c = 11$  мас. %; 3 –  $X_c = 40$  мас. %; 4 –  $X_c = 75$  мас. %

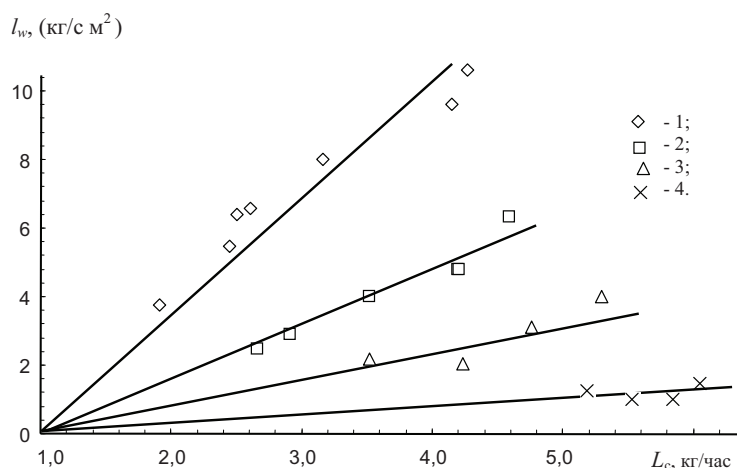


Рис. 3. Удельный расход воды, выделившейся из паровой смеси при ее частичной конденсации на поверхности дефлегматора, в зависимости от расхода конденсата. Экспериментальные точки (1–4): 1 –  $X_c = 6$  мас. %; 2 – 15 мас. %; 3 – 35 мас. %; 4 – 51 мас. %

### References

1. Olevskij V. M., Ruchinskij V. R., Kashnikov A. M., Chernyshev V. I. Plenochnaja teplo- i massoobmennaja apparatura [Film Heat and Mass Transfer Equipment]. M.: Himija, 1988. 240 s.

2. Rukovodstvo po laboratornoj peregonke : Per. s nem [Guidelines for laboratory distillation] / Pod red. Olevskogo V. M. M. : Himija, 1980. 520 s.

3. Patent 2437698 RF. Sposob rektifikacii [The process of rectification] / Vojnov N. A., Pan'kov V. A., Vojnov A. N. // Bjul. 2011. № 36. 7 c.

4. Patent 2445996 RF. Rektifikacionnaja kolonna [Distillation column] / Vojnov N. A., Pan'kov V. A., Vojnov A. N. // Bjul. 2012. № 9. 6 c.

5. Vojnov N. A., Nikolaev A. N. Teplos'em pri plenochnom techenii zhidkosti [The output power at the film flow of liquid]. Borge, 2005. 123 s.

© Земцов Д. А., Войнов Н. А., Земцова И. В., 2016

УДК 543.878:541.127:519.2

## РАЗМОЛ КАК МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В. Р. Пен, С. И. Левченко

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: 2507@inbox.ru

*Показано, что представление процесса размолла как механохимического позволяет сформулировать математическую модель динамики на основе принципов формальной кинетики, что позволяет получить замкнутое математическое описание динамики размолла волокнистых полуфабрикатов.*

*Ключевые слова: размол, динамика размолла, кинетика химическая.*

## MATHEMATICAL MODELING OF GRIND AS MECHANOCHEMICAL PROCESS

V. R. Pen, S. I. Levchenko

Reshetnev Siberian State Aerospace University  
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: 2507@inbox.ru

*The article describes how the presentation of the grind as the mechanochemical process allows to derive a mathematical model of the dynamics based on the principles of the formal kinetics. That, in turn, allows to derive the self-contained mathematical description of the grind dynamics of the fibrous semi-finished products.*

*Keywords: Grind, grind dynamics, chemical kinetics.*