

УДК 661.332.3

**Г. И. Гринь, В. В. Панасенко, Л. Н. Бондаренко, Т. В. Федорченко,
А. Л. Синческул, Д. Н. Дейнека, С. Ю. Адаменко**
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт» (Украина)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТГОНКИ ДИЭТИЛАМИНА ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ

Для решения практической задачи расчета параметров стадии регенерации диэтиламина в технологической схеме производства карбонатных солей калия проведены лабораторно-технологические исследования процесса отгонки $(C_2H_5)_2NH$ из водного раствора хлорида кальция.

Процесс отгонки $(C_2H_5)_2NH$ из исходного водного раствора, содержащего массовую долю $CaCl_2$ – 20% и $(C_2H_5)_2NH$ – 5%, осуществляли методом однократного испарения. В отобранной пробе определяли содержание $(C_2H_5)_2NH$ методом отгонки по Кьельдалю, содержание иона кальция устанавливали трилонометрическим методом, содержание иона хлора определяли аргентометрическим методом с использованием блока автоматического титрования БАТ-15. Обработку экспериментальных данных выполняли методами математической статистики, регрессионного анализа с помощью пакета прикладных программ.

По результатам исследований предложена достаточно гибкая технологическая схема регенерации диэтиламина, которая рассчитана на широкий диапазон изменений состава и свойств сырья. Она может быть эффективно применена в промышленном производстве карбонатных солей калия.

Ключевые слова: технология карбоната калия, процесс отгонки, диэтиламин, регенерация, хлорид кальция.

**G. I. Grin', V. V. Panasenko, L. N. Bondarenko, T. V. Fedorchenko,
A. L. Sincheskul, D. N. Deyneka, S. Yu. Adamenko**
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (Ukraine)

THE RESEARCH OF A DIETHYLAMINE DISTILLATION FROM A CALCIUM CHLORIDE AQUEOUS SOLUTION

The objective of the paper is a solution of the practical problem to research a $(C_2H_5)_2NH$ distillation from an aqueous solution of calcium chloride that allows to calculate parameters of the diethylamine regeneration stage in potassium carbonate salts processing.

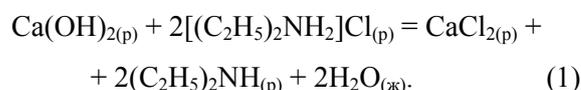
$(C_2H_5)_2NH$ distillation from an aqueous solution of calcium chloride (mass concentration of $CaCl_2$ – 20%, $(C_2H_5)_2NH$ – 5%) was carried out by flash evaporation. Concentration of $(C_2H_5)_2NH$ was defined by Kjeldahl-method, trilonometric method was used to determine Ca^{2+} -ions concentration, argentometric method was used to determine concentration of Cl^- using automatic titration unit ATU-15. The experimental data was analyzed by methods of mathematical statistics and regression analysis.

According to the obtained data the flexible flow chart of diethylamine regeneration was proposed, which is designed for a wide range of compositions and properties of raw materials. It can be effectively used in the potassium carbonate salts processing.

Key word: technology of potassium carbonate, distillation, diethylamine, regeneration, calcium chloride.

Введение. Процесс отгонки $(C_2H_5)_2NH$ (диэтиламина) является неотъемлемой частью технологии производства K_2CO_3 (карбоната калия). Однако данные о фазовых равновесиях для системы $CaCl_2(p) - (C_2H_5)_2NH(p) - H_2O$ в литературе ограничены, а для небольших давлений не найдены. Такие сведения представляют не только теоретический интерес. Данная система – объект для исследования закономерностей процесса отгонки – имеет и практическую значимость, поскольку может быть использована для определения рациональных параметров дистилляции, разработки технологической схемы процесса регенерации $(C_2H_5)_2NH$ и во многом обу-

словливает безвозвратные потери дорогого реагента и расход водяного пара. Из литературы известны предложения по осуществлению регенерации аминов из их хлоридов, для этой цели используется гидроксид кальция (известковое молоко) как один из самых недорогих и эффективных реагентов [1–4]. Процесс описывается следующим уравнением реакции:



Для оценки параметров процесса необходимо знать направленность реакции и возможность

наиболее полной отгонки $(C_2H_5)_2NH$ для возвращения его в технологический цикл. Аналогично это происходит в замкнутом цикле использования аммиака в производстве кальцинированной соды [3]. Согласно термодинамическим данным [5], реакция (1) обратима и проходит с заметной скоростью уже при стандартной температуре 298,15 К и давлении 101,32 кПа. По данным исследований [4, 6], важную роль в процессе отгонки играет давление. Так, при снижении давления от 101,32 до 48,64 кПа увеличение содержания $CaCl_2$ в жидкой фазе приводит к увеличению содержания $(C_2H_5)_2NH$ в водяном паре при одних и тех же температурах. Поэтому представляет интерес изучение процесса отгонки $(C_2H_5)_2NH$ из водных растворов $CaCl_2$ при давлениях 47,996; 21,331 и 7,999 кПа.

Основная часть. Целью работы является исследование процесса отгонки диэтиламина из водного раствора хлорида кальция для решения практической задачи расчета параметров стадии регенерации $(C_2H_5)_2NH$ в технологической схеме производства карбонатных солей калия.

Процесс отгонки $(C_2H_5)_2NH$ из исходного водного раствора, содержащего массовую долю $CaCl_2$ – 20% и $(C_2H_5)_2NH$ – 5%, осуществляли методом однократного испарения [6, 7]. В отобранной пробе определяли содержание $(C_2H_5)_2NH$ методом отгонки по Кьельдалю, содержание иона кальция устанавливали трилонометрическим методом, содержание иона хлора определяли argentометрическим методом с использованием блока автоматического титрования БАТ-15. Обработку экспериментальных данных выполняли методами математической статистики, регрессионного анализа [8, 9] с помощью пакета прикладных программ.

В качестве исходных данных для анализа брали показатели экспериментальных замеров:

- продолжительность отгонки, мин;
- давление над раствором, кПа;

- температура раствора, °С;
- содержание $CaCl_2$ и $(C_2H_5)_2NH$, %.

Как видно из таблицы и рис. 1, при увеличении массового содержания хлорида кальция в растворе более 27% температура отгонки раствора начинает медленно возрастать. Рассматривая зависимости для всех трех различных значений давления, можно предположить, что температура раствора не возрастает до тех пор, пока содержание $CaCl_2$ не увеличится больше определенного значения, что указывает на физический процесс отгонки до этой концентрации. Следует отметить, что для всех случаев молекулярное соотношение между H_2O и безводным $CaCl_2$ составляет 15 : 1.

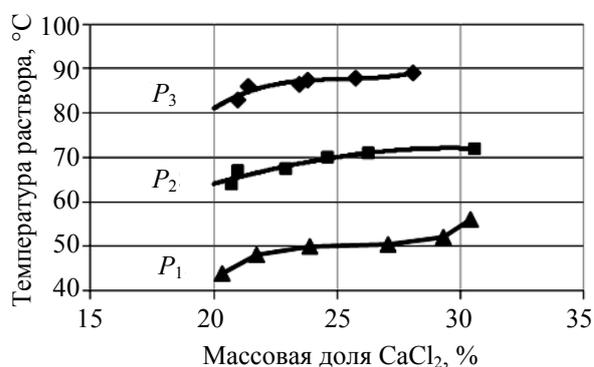


Рис. 1. Зависимости температуры раствора от содержания хлорида кальция:

P_1 – 47,996 кПа; P_2 – 21,331 кПа; P_3 – 7,999 кПа

Можно сделать вывод, что при молекулярном соотношении воды и диэтиламина около (12–15) : 1, вода находится в связанном состоянии, образуя подобие жидкого кристаллогидрата $CaCl_2 \cdot 12H_2O$, разрушение которого требует больших затрат энергии а, следовательно, и температур. Более же низкая температура соответствует более высокой концентрации $(C_2H_5)_2NH$.

Результаты кинетических исследований отгонки $(C_2H_5)_2NH$ из водного раствора хлорида кальция

Время отгонки, мин	Давление над раствором, кПа								
	47,996		21,331		7,999				
	температура раствора, °C	массовая доля компонента, %	температура раствора, °C	массовая доля компонента, %	температура раствора, °C	массовая доля компонента, %			
	$(C_2H_5)_2NH$	$CaCl_2$	$(C_2H_5)_2NH$	$CaCl_2$	$(C_2H_5)_2NH$	$CaCl_2$			
5	83,0	0,750	20,96	64,0	1,290	20,83	44,0	0,889	20,88
10	86,0	0,145	21,37	67,0	0,515	21,38	48,0	0,708	21,72
15	86,5	0,107	23,45	67,5	0,126	22,90	50,0	0,202	23,90
20	87,5	0,087	23,80	70,0	0,074	24,60	50,5	0,190	27,06
30	88,0	0,077	25,73	71,0	0,069	26,25	52,0	0,093	29,29
40	89,0	0,041	28,08	72,0	0,059	30,55	56,0	0,087	30,40

Зависимость температуры раствора от содержания CaCl_2 при всех значениях давления имеет нелинейный характер и может быть описана с точностью до 1–2 °С для горизонтального участка графиков (рис. 2) в виде логарифмической функции $t_p = 20,59 + \ln(P) + 0,034$, где t_p – температура раствора, °С; P – давление, кПа. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,995$.

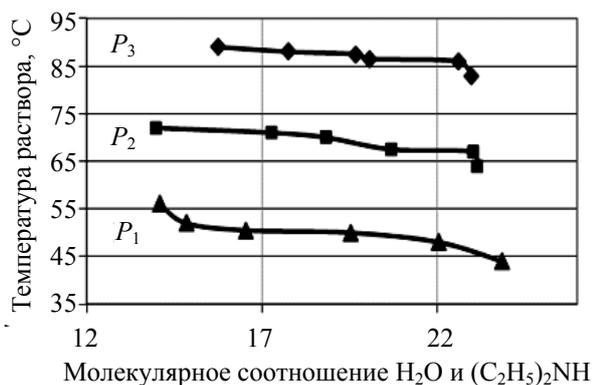


Рис. 2. Зависимость температуры раствора от молекулярного соотношения между H_2O и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ при разных давлениях над раствором: P_1 – 47,996 кПа; P_2 – 21,331 кПа; P_3 – 7,999 кПа

Поскольку данная система является трехкомпонентной, для ее описания достаточно знать закономерности изменения двух компонентов (H_2O и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$).

Содержание CaCl_2 в растворе не может рассматриваться как кинетический показатель, поскольку он является вторичным, хотя и должен приниматься во внимание как возможный. Таким образом, кинетика процесса может быть представлена кинетикой изменения количества H_2O и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$. В качестве основного показателя для $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ может быть взято содержание $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ в растворе ($C_{\text{ДЕА}}$). В качестве основного показателя для воды – количество испаряемой воды.

Как видно из рис. 3, между количествами H_2O и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ прослеживается четкая кинематическая взаимосвязь. К моменту уменьшения содержания $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ в растворе менее определенной величины процесс испарения воды по сути останавливается. Скорость испарения на начальном участке (до 15 мин) практически не зависит от давления. В то же время уменьшение давления значительно увеличивает скорость испарения воды при небольшом содержании $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ в растворе.

Результаты экспериментов показали, что для технологических расчетов содержание $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ (рис. 4) может быть вычислено без учета влияния давления по уравнению (2), ко-

торое соответствует кинетике первого порядка (значение имеет только время отгонки):

$$C_{\text{ДЕА}} = 5,12 \exp\left(-\frac{\tau}{3,15}\right). \quad (2)$$

Однако более детальное изучение данных позволяет найти различия между кинематическими зависимостями для различных давлений, что особенно хорошо видно при использовании не величины $C_{\text{ДЕА}}$, а ее десятичного логарифма (рис. 5).

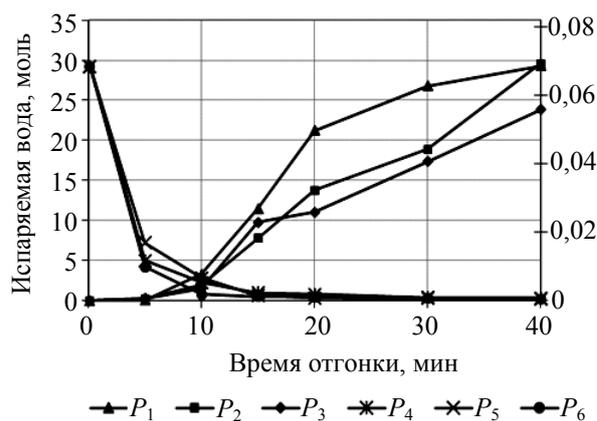


Рис. 3. Кинетическая взаимосвязь между количествами H_2O и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$

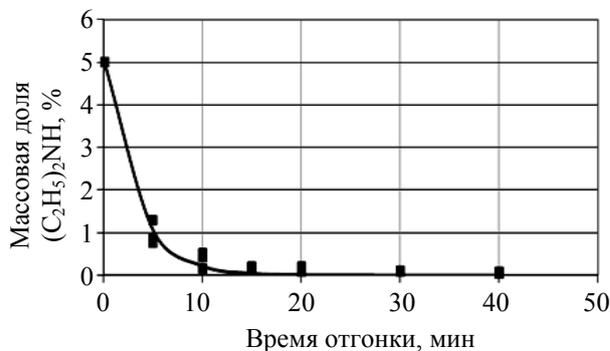


Рис. 4. Зависимость содержания $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ в растворе от времени отгонки

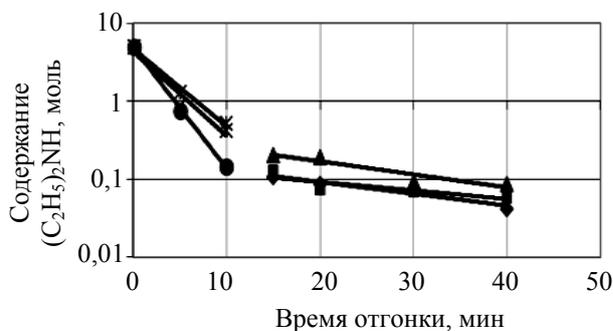


Рис. 5. Кинетическая зависимость содержания $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ в растворе от времени отгонки в логарифмических координатах: $\times - P_1$; $\blacktriangle - P_2$; $* - P_3$; $\blacksquare - P_4$; $\bullet - P_5$; $\blacklozenge - P_6$

Из графика на рис. 5 четко видно разделение кинематических зависимостей на два участка – большой и малой скорости отгонки. Для первого участка (до 15 мин) кинетика имеет вид приведенной ранее зависимости (2). Для второго участка коэффициенты имеют другие величины:

$$C_{\text{ДЕА}} = 0,17 \exp\left(-\frac{\tau}{31,2}\right) \quad (3)$$

для $P_1 = 47,996$ и $P_2 = 21,331$ кПа;

$$C_{\text{ДЕА}} = 0,17 \exp\left(-\frac{\tau}{31,2}\right) \quad (4)$$

для $P_3 = 7,999$ кПа.

Различия коэффициентов для небольших давлений являются статистически значимыми и свидетельствуют о почти вдвое большей скорости процесса отгонки при уменьшении давления до 7,999 кПа по сравнению с давлением более 21,331 кПа.

Для технологических расчетов удобнее использовать общую зависимость для любых давлений (P), которая очень хорошо описывает все наблюдаемые значения для логарифма содержания $(C_2H_5)_2NH$ ($\lg C_{\text{ДЕА}}$) и не имеет разрывов (рис. 6):

$$C_{\text{ДЕА}} = (C_{\text{ДЕА}}^0 - C_{\text{ДЕА}}^{\min}) \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_1}\right) + C_{\text{ДЕА}}^{\min} \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_1}\right), \quad (5)$$

где

$$C_{\text{ДЕА}}^0 = 5\% \text{ мас.}, \quad C_{\text{ДЕА}}^{\min} = 0,125 - \left(\frac{2,39}{P}\right)^2;$$

$$\tau_1 = 3,505 - \left(\frac{P}{44,47}\right)^2, \quad \tau = 42,5$$

Учитывая, что величина $C_{\text{ДЕА}}^{\min}$ намного меньше первоначального содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе, общее уравнение (5) может быть без внесения особой погрешности сокращено до вида

$$C_{\text{ДЕА}} = C_{\text{ДЕА}}^0 \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_1}\right) + C_{\text{ДЕА}}^{\min} \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_1}\right). \quad (6)$$

При этом коэффициент детерминации составляет $R^2 = 0,986$, а среднеквадратическая погрешность логарифма концентрации равна 0,03. Величина коэффициента детерминации более 0,95 означает наличие функциональной зависимости между переменными [8, 9].

Скорость испарения воды, как уже отмечалось ранее, зависит от содержания $(C_2H_5)_2NH$ в

растворе – ее уменьшение на пятнадцатой минуте приводит к резкому росту скорости испарения воды (рис. 7).

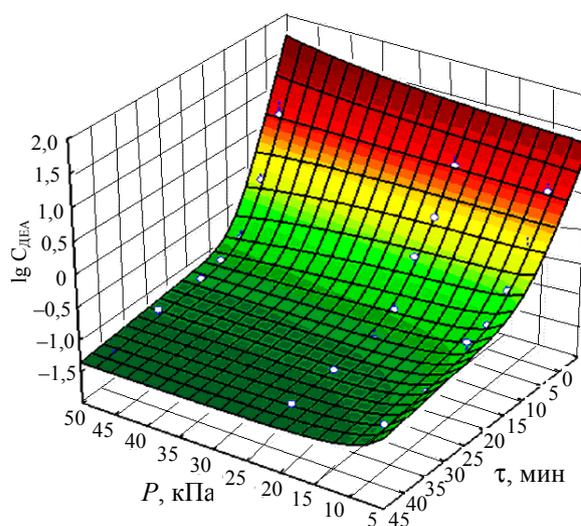


Рис. 6. Кинетические зависимости содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе от времени отгонки и давления над раствором

Исследование этой закономерности позволило получить уравнение зависимости количества испаряемой воды (W , %) за определенный отрезок времени с содержанием $(C_2H_5)_2NH$ в растворе и давлением (P):

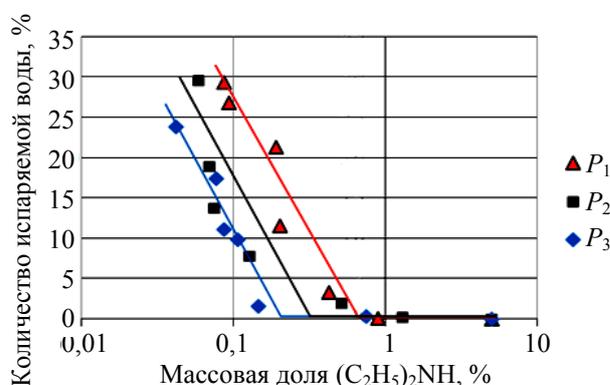


Рис. 7. Зависимость количества испаряемой воды от содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе и давления над раствором

$$W = \ln \left[e^{20,45 - 38,37 \left(1 - e^{-\frac{P}{6,79}}\right)} \ln \frac{0,1442 + 0,8640 \left(1 - e^{-\frac{P}{6,79}}\right)}{C_{(C_2H_5)_2NH}} + 1 \right]. \quad (7)$$

Следует отметить, что уравнение (7) полностью определяется концентрацией $(C_2H_5)_2NH$.

При этом, учитывая, что содержание $(C_2H_5)_2NH$ зависит от времени отгонки, можно рассчитать количество испаряемой воды, а соответственно, и массовую долю $CaCl_2$ в растворе для любого отрезка времени [10, 11] (рис. 8).

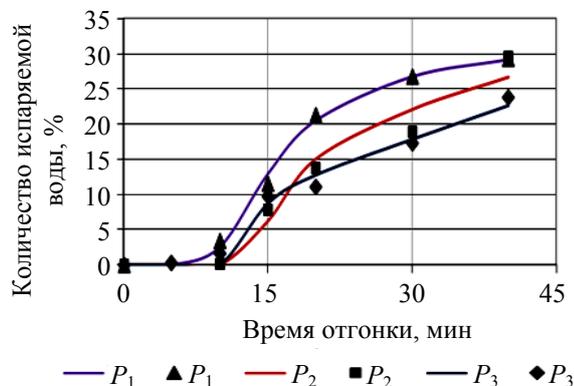


Рис. 8. Зависимость количества испаряемой воды от времени отгонки и давления над раствором $(C_2H_5)_2NH$

Уравнения (6) и (7) выведены экспериментально и являются интеллектуальной собственностью авторов. Учитывая, что они получены на основе экспериментальных лабораторных данных, соответствуют результатам многочисленных опытов в пределах ошибки измерения, их можно использовать для практических технологических расчетов цикла регенерации диэтиламина на промышленных объектах в технологии производства карбонатных солей калия.

В реальном технологическом цикле регенерацию $(C_2H_5)_2NH$ осуществляют с помощью известкового молока и водяного пара. На регенерацию подается маточная жидкость после разделения суспензии $KHCO_3$ с температурой $30^\circ C$ и типичное известковое молоко содового производства с температурой $92-96^\circ C$. Массовая концентрация компонентов известкового молока соответственно составляет, $г / дм^3$: $Ca(OH)_2 - 425$, $CaCO_3 - 25$ и инертных примесей – 60.

В предложенной авторами принципиальной технологической схеме производства карбонатных солей калия [12] на стадии регенерации диэтиламина фильтровая жидкость через дефлегматор и нагреватель подается в смеситель, в который поступает и известковое молоко. Вследствие взаимодействия $[(C_2H_5)_2NH_2]Cl$ с $Ca(OH)_2$ образуется свободный $(C_2H_5)_2NH$, который переходит в основном в жидкостную фазу. Из смесителя, оснащенного рамной мешалкой, суспензия и газ поступают на тарелку питания ректификационной колонны. В колонне происходит выделение $(C_2H_5)_2NH$ с жидкой фазы и увеличение его массовой концентрации до 95–99%. Подогревается колонна острым паром, который подается в куб колонны. Обогащенный диэтиламином пар с верхней тарелки колонны поступает в дефлегматор, а затем в конденсатор. Очищенная от $(C_2H_5)_2NH$ жидкость выводится из куба колонны в емкость дистиллярной суспензии, испаритель и далее на производство гранулированного $CaCl_2$. В результате процесса регенерации образуется раствор $(C_2H_5)_2NH$ с массовой долей от 95% до 99% и температурой от 30 до $45^\circ C$, используемый в замкнутом цикле. Полученная в результате регенерации жидкость по итогам химического анализа содержит остатки $(C_2H_5)_2NH$ в минимально возможном количестве ($0,01-0,02 г/дм^3$).

Закключение. Лабораторно-технологические исследования процесса отгонки диэтиламина из водного раствора хлорида кальция проведены в достаточном объеме, с большим диапазоном технологических решений и применением моделирования технологических процессов на лабораторной опытной установке.

Предложенная технологическая схема регенерации диэтиламина достаточно гибкая и рассчитана на широкий диапазон изменений состава и свойств сырья. Она может быть эффективно применена в промышленном производстве карбонатных солей калия.

Литература

1. Wasag T., Siewielec U., Poleszczuk G. Otrzymywanie potazu metoda aminowa z zastosowaniem dwuetyloaminy // *Przemysl chemiczny*. 1974. No. 2. P. 94–97.
2. Панасенко В. В. Растворимость в системе $KHCO_3-(C_2H_5)_2NH_2Cl-H_2O$ при $30^\circ C$ // *Журнал неорганической химии*. Москва. 2012. Т. 57, № 2. С. 330–333.
3. Яжембовская Я. Возможности регенерации амина из фильтровой жидкости в содовом процессе // *Международный симпозиум социалистических стран по содовой промышленности* (Славянск / НИОХИМ, 1969). Харьков, 1971. С. 111–114.
4. Исследование процесса десорбции диэтиламина / В. А. Панасенко [и др.] // *Труды Международной научной конференции «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье»*, 12–14 мая 1997 г., Харьков: ХГПУ, 1997. С. 86–89.
5. Термодинамика химических реакций в технологии карбоната калия // В. В. Панасенко [и др.] // *Інтегровані технології та енергозбереження*. Харків. 2012. № 1. С. 28–36.

6. Равновесие жидкость – пар в системе вода – диэтиламин – хлорид кальция // В. А. Панасенко [и др.] // Вестник Харьковского Государственного политехнического университета (ХГПУ). Харьков: ХГПУ, 2000. Вып. 105. С. 76–79.
7. Коган В. Б., Фридман В. М., Кафаров В. В. Равновесие между жидкостью и паром. М.; Л.: Наука, 1966. 1426 с.
8. Румшинский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971. 192 с.
9. Радченко С. Г. Устойчивые методы оценивания статистических моделей. Киев: ПП «Санспарель», 2005. 504 с.
10. Закономерности процесса отгонки диэтиламина из водного раствора хлорида кальция / В. А. Панасенко [и др.] // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород, 2013. № 2. С. 144–148.
11. Исследование процесса отгонки диэтиламина в системе $\text{CaCl}_2 - (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} - \text{H}_2\text{O}$ / В. А. Панасенко [и др.] // Материалы за 9-а Международна научна практична конференция «Новината за напреднали наука», Том 51. Химия и химически технологии (17–25 май, 2013 г., г. София) София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2013. С. 44–47.
12. Спосіб одержання карбонату калію Пат. 75894 Україна, МПК7 С 01 D 17/00. В. В. Панасенко, Г. І. Гринь, О. Я. Лобойко, В. О. Панасенко; заявник та патентовласник НТУ «ХП». – № u 2011 10104; заявл. 16.08.11; опубл. 25.12.12. Бюл. № 24.

References

1. Wasag T., Siewielec U., Poleszczuk G. Otrzymywania potazu metoda aminowa z zastosowaniem dwuetyloaminy. *Przemysl chemiczny*. 1974, no. 2, pp. 94–97.
2. Panasenko V. V., Grin' G. I., Mazurin S. A., Panasenko V. A. Solubility in system $\text{KNSO}_3 - (\text{S}_2\text{N}_5)_2\text{NN}_2\text{Cl} - \text{N}_2\text{O}$ pri 30 °S. *Zhurnal neorganicheskoy khimii* [Journal of Inorganic Chemistry]. Moscow, 2012, vol. 57, no. 2, pp. 330–333.
3. Yazhembovskaya Ya. Features a filter regeneration of the amine from the liquid in a soda process. *Mezhdunarodnyy simposium sotsialisticheskikh stran po sodovoy promyshlennosti* [International Symposium of the socialist countries on the soda industry]. Khar'kov, 1971, pp. 111–114 (In Russian).
4. Panasenko V. A., Mazurin S. A. Grin' G. I., Vaysbroad A. A., Bondarenko I. V. Study of the desorption diethylamine. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii («Informatsionnye tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, obrazovanie, zdorov'ye»)* [Scientific Conference (“Information Technologies: science, engineering, technology, paying-tion, health”)], 1997, pp. 86–89 (In Russian).
5. Panasenko V. V., Grin' G. I., Loboyko V. A., Kobzev A. V. Thermodynamics of chemical reactions in technology of potassium carbonate. *Integrovani tekhnologii ta energozberezheniya* [Integrated technologies and energy-savings], 2012, no. 1, pp. 28–36 (In Ukraine).
6. Panasenko V. A., Mazurin S. A. Grin' G. I. Balance liquid – vapor in the water – diethylamine – calcium chloride. *Vestnik Khar'kovskogo Gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta* [Journal of the Kharkov State Polytechnic University (KhSPU)], 2000, vol. 105, pp. 76–79 (In Russian).
7. Kogan V. B, Fridman V. M, Gafarov V. V. *Ravnovesie mezhdu zhidkost'yu i parom* [The equilibrium between liquid and vapor]. Moscow; Leningrad, Nauka Publ., 1966. 1426 p.
8. Rumshinsky L. Z. *Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimeta* [Mathematical processing of experimental results]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 192 p.
9. Radchenko S. G. *Ustoychivye metody otsenivaniya statisticheskikh modeley* [Robust methods for estimating statistical models]. Kiev, PP Sansparel' Publ., 2005. 504 p.
10. Panasenko V. V. Laws of process of distillation diethylamine aqueous solution of chlorine-calcium yes. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova* [BSTU behalf of V. G. Shukhov]. Belgorod, 2013, no. 2, s. 144–148.
11. Panasenko V. V., Grin' G. I., Loboyko O. Ya., Panasenko V. O., Bondarenko L. N., Malik O. I. Research diethylamine distillation process in CaCl_2 system – $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} - \text{H}_2\text{O}$. *Materiali za 9-a Mezhdunarodna nauchna-praktichna konferentsiya («Novinata za naprednali nauka»)* [Material for the 9th International scientific and practical conference (“Novinata naprednali for Science”)], 2013, vol. 51, pp. 44–47 (In Bulgaria).
12. Panasenko V. V., Grin' G. I., Loboyko O. Ya., Panasenko V. O. *Sposib oderzhannya karbonatu kaliyu* [A process for producing potassium carbonate]. Patent UA. no. 75894, 2011.

Информация об авторах

Гринь Григорий Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (61002, г. Харьков, ул. Багалия, 21, Украина.) E-mail: Gryn@kpi.kharkov.ua

Панасенко Владимир Владимирович – кандидат технических наук, ассистент кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (61002, г. Харьков, ул. Багалия, 21, Украина). E-mail: panasvv-chem@yandex.ua

Бондаренко Людмила Николаевна – научный сотрудник кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (61002, г. Харьков, ул. Багалия, 21, Украина). E-mail: bondbia@yandex.ua

Федорченко Татьяна Викторовна – ведущий инженер кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (61002, г. Харьков, ул. Багалия, 21, Украина). E-mail: tvfedorchenko@mail.ru

Синческул Александр Леонидович – кандидат технических наук, ассистент кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (61002, г. Харьков, ул. Багалия, 21, Украина). E-mail: als-train@ukr.net

Дейнека Дмитрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (61002, г. Харьков, ул. Багалия, 21, Украина). E-mail: deynekad@mail.ru

Адаменко Светлана Юрьевна – стажер-преподаватель кафедры химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (61002, г. Харьков, ул. Багалия, 21, Украина). E-mail: adamenkosvetlana@ukr.net

Information about the authors

Grin' Grigoriy Ivanovich – DSc (Engineering), Professor, the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances Catalysis and Ecology. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (21, Bagaliya str., 61002, Kharkiv, Ukraine). E-mail: Grin@kpi.Kharkov.ua

Panasenko Vladimir Vladimirovich – PhD (Engineering), Assistant lecture, the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances Catalysis and Ecology. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (21, Bagaliya str., 61002, Kharkiv, Ukraine). E-mail: panasvv-chem@yandex.ua

Bondarenko Lyudmila Nikolaevna – Researcher, the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances Catalysis and Ecology. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (21, Bagaliya str., 61002, Kharkiv, Ukraine). E-mail: bondbia@yandex.ua

Fedorchenko Tat'yana Viktorovna – Leading engineer, the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances, Catalysis and Ecology. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (21, Bagaliya str., 61002, Kharkiv, Ukraine). E-mail: tvfedorchenko@mail.ru

Sincheskul Aleksandr Leonidovich – PhD (Engineering), Assistant lecture, the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances Catalysis and Ecology. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (21, Bagaliya str., 61002, Kharkiv, Ukraine). E-mail: als-train@ukr.net

Deyneka Dmitriy Nikolaevich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances Catalysis and Ecology. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (21, Bagaliya str., 61002, Kharkiv, Ukraine). E-mail: deynekad@mail.ru

Adamenko Svetlana Yur'yevna – trainee lecturer, the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances Catalysis and Ecology. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (21, Bagaliya str., 61002, Kharkiv, Ukraine). E-mail: adamenkosvetlana@ukr.net

Поступила 25.03.2016