

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульянов, Б.А. Выделение дивинила из бутен-дивинильной фракции (БДФ) продуктов пиролиза углеводородного сырья / Б.А. Ульянов, И.А. Семёнов, А.С. Немцов // Вестник АнГТУ. – 2022. – №16. – С. 70-74.

2. Ульянов, Б.А. Сопоставление эффективности разделяющих агентов в процессе выделения дивинила из бутен-дивинильной фракции (БДФ) / Б.А. Ульянов,

И.А. Семёнов, А.С. Немцов // Вестник АнГТУ. – 2022. – № 16. – С. 75-78.

3. РТМ 26-16-72. Тарелки клапанные прямоточные. Методика гидравлического расчета. – М. Минхимнефтемаш, 1977.

4. Hoppe, K., Mittelstrass, M. Grundlagen der Dimensionierung von Kolonnenböden. – Publisher, Steinkopff, 1967. Length. – 239 s.

УДК 544.971

Фомина Лариса Валерьевна,

к.х.н., доцент кафедры химии,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: flvban@mail.ru

Зачиняев Максим Владимирович,

магистрант кафедры «Химическая технология топлива»,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: maks-0905@mail.ru

**ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ СИНТЕЗА ХОЛИНХЛОРИДА НА ОСНОВЕ ТРИМЕТИЛАМИНА И ДИХЛОРЕТАНА**

Fomina L.V., Zachinyayev M.V.

**ASSESSMENT OF THERMAL EFFECTS OF CHEMICAL REACTIONS OF CHOLINE CHLORIDE SYNTHESIS BASED ON TRIMETHYLAMINE AND DICHLOROETHANE**

**Аннотация.** По средним энергиям химических связей проведён расчёт тепловых эффектов модельных химических реакций синтеза холинхлорида из триметиламина и дихлорэтана через хлорхолинхлорид. Первая стадия синтеза является эндотермической, вторая стадия экзотермическая.

**Ключевые слова:** холинхлорид, хлорхолинхлорид, триметилмаин, дихлорэтан, тепловые эффекты химических реакций, энергии разрыва связей.

**Abstract.** The average energies of chemical bonds were used to calculate the thermal effects of model chemical reactions of choline chloride synthesis from trimethylamine and dichloroethane via chlorocholine chloride. The first stage of the synthesis is endothermic, the second stage is exothermic.

**Keywords:** choline chloride, chlorocholine chloride, trimethylamine, dichloroethane, thermal effects of chemical reactions, bond breaking energies.

Холинхлорид (XX) – четвертичная аммониевая соль  $[(\text{CH}_3)_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}]^+\text{Cl}^-$  [1] – входит как компонент в состав медицинских препаратов [2], антипеспирантной/дезодорирующей композиции [3], кормов для животных [4], смесей для обработки семян растений перед посадкой [5], жидкости для гидравлического разрыва пласта и стабилизации глин при нефтегазодобыче [6, 7], ванны для финишной обработки хлопковых тканей в без формальдегидной технологии [8], растворителя и катализатора при органическом синтезе [9], ионных жидкостей в процессах электроосаждения металлов и электрополировки металлических поверхностей [9-12],

ингибитора коррозии [13].

XX получают следующими способами: 1) алкилированием триметиламина (ТМА) этиленхлоргидрином; 2) оксиэтилированием триметиламина с последующей нейтрализацией образующегося холина соляной кислотой; 3) взаимодействием дихлорэтана (ДХЭ) и триметиламина с последующим омылением щёлочью образовавшегося хлорхолинхлорида (XXX); 4) прямым синтезом из гидрохлорида триметиламина и оксида этилена в водной среде [14-19]. Третий способ актуален для Иркутской области, так как триметилламин и дихлорэтан производят на площадках АО «АНХК» и АО «Саянским-

пласт», соответственно.

На предварительных этапах организации химического производства проводят расчёты тепловых эффектов реакций синтеза продуктов. Известно несколько способов расчета теплового эффекта химической реакции.

Для определения теплового эффекта реакции  $\Delta H_r^o$  по теплотам образования или сгорания используют следствия из закона Гесса [20]: а) тепловой эффект химической реакции  $\Delta H_r$  равен разности сумм теплот образования продуктов реакции  $\sum(\vartheta \cdot \Delta H_{f,298}^o)_{\text{прод}}$  и теплот образования исходных веществ  $\sum(\vartheta \cdot \Delta H_{f,298}^o)_{\text{исх}}$ , взятых с учетом стехиометрических коэффициентов ( $\vartheta$ ):

$$\Delta H_r^o = \sum(\vartheta \cdot \Delta H_{f,298}^o)_{\text{прод}} - \sum(\vartheta \cdot \Delta H_{f,298}^o)_{\text{исх}};$$

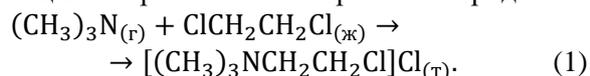
б) тепловой эффект химической реакции равен разности сумм теплот сгорания исходных веществ  $\sum(\vartheta \cdot \Delta H_{\text{сг}}^o)_{\text{исх}}$  и теплот сгорания продуктов реакции  $\sum(\vartheta \cdot \Delta H_{\text{сг}}^o)_{\text{прод}}$  с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\Delta H_r^o = \sum(\vartheta \cdot \Delta H_{\text{сг}}^o)_{\text{исх}} - \sum(\vartheta \cdot \Delta H_{\text{сг}}^o)_{\text{прод}}.$$

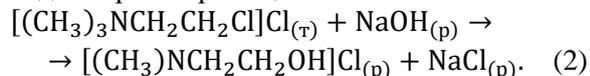
Вычисленные с использованием справочных данных по приведённым формулам тепловые эффекты реакции относятся к стандартным условиям. Применяя уравнение Кирхгофа, можно вычислить тепловые эффекты реакций при любой температуре. Если отсутствуют данные о теплотах образования или сгорания веществ, то тепловой эффект реакции рассчитывают, используя приближенные методы, например, по средним энергиям химических связей, по методу тепловых поправок [20, 21].

Цель работы – оценка значений тепловых эффектов реакций синтеза холинхлорида из ТМА и ДХЭ приближенными методами химической термодинамики.

Синтез ХХ из ТМА и ДХЭ проводят в два этапа [14]. На первом этапе протекает реакция с образованием хлорхолинхлорида:



На втором этапе происходит омыление ХХХ водным раствором щёлочи:



Суммарная реакция синтеза ХХ:  
 $(\text{CH}_3)_3\text{N}_{(\text{г})} + \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}_{(\text{ж})} + \text{NaOH}_{(\text{р})} \rightarrow$



Замещенные хлориды аммония при стандартных условиях представляют собой твёрдые кристаллы с ионной связью, в разбавленных водных растворах они полностью диссоциируют на ионы. В открытых литературных источниках нет данных о теплотах образования ХХ и ХХХ в твёрдом состоянии и в состоянии раствора. По данным [22] тепловой эффект реакции получения ХХ из гидрохлорида ТМА и этиленоксида в водном растворе с учётом теплоты испарения составляет 33,7 ккал/моль или 141,0 кДж/моль. Имеются данные о теплотах растворения в воде хлорида триметиламмония и ХХ [23, 24], для ХХХ теплота растворения в воде не найдена. Используя справочные данные (табл. 1), данные работы [22] и применив закон Гесса, выполнен расчёт (табл. 2) теплового эффекта суммарной реакции (3) синтеза ХХ из ДХЭ и ТМА в водном растворе щёлочи. Для этого из суммы уравнений 1, 4, 5 (табл. 2) вычли сумму уравнений 2 и 3. Результирующее уравнение 6 (табл. 2) соответствует суммарной реакции (3) синтеза ХХ. Общий тепловой эффект процесса экзотермический и составляет 220,3 кДж. Однако имеющихся данных недостаточно для поэтапного расчёта тепловых эффектов реакций (1) и (2) по закону Гесса. Оценку тепловых эффектов рассматриваемых стадий синтеза ХХ выполним с помощью метода средних энергий химических связей.

Таблица 1 – Энтальпии образования веществ [25-27]

Вещество	Состояние	$\Delta H_{f,298}^o$ , кДж/моль
Cl(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> Cl	Ж	-165,7
	Г	-131,0
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N·HCl	ТВ	-282,0
	inf. H <sub>2</sub> O	-280,0
HCl	Г	-92,3
	inf. H <sub>2</sub> O	-167,1
(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O	Г	-52,6
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	Г	-24,7
	inf. H <sub>2</sub> O	-81,2
HO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> OH	Ж	-454,8
H <sub>2</sub> O	Ж	-285,8
	Г	-241,8
NaCl	ТВ	-411,4
NaOH	ТВ	-425,9
OH <sup>-</sup>	Р	-230,0
Cl <sup>-</sup>	Р	-167,1

Таблица 2 – Тепловые эффекты реакций

Уравнение	Реакции	$\Delta H_r$ , кДж
1	$(\text{CH}_3)_3\text{N}_{(г)} + \text{HCl}_{(г)} \rightarrow [(\text{CH}_3)_3\text{NH}]\text{Cl}_{(тв)}$ ,	-165,1
	$(\text{CH}_3)_3\text{N}_{(г)} + \text{HCl}_{(г)} \xrightarrow{\text{aq}} [(\text{CH}_3)_3\text{NH}]\text{Cl}_{(р)} \equiv (\text{CH}_3)_3\text{NH}_{(р)}^+ + \text{Cl}_{(р)}^-$	-163,1
2	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)} \rightarrow \text{OHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}_{(ж)}$	-116,3
3	$\text{OHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}_{(ж)} + 2\text{HCl}_{(г)} \rightarrow \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}_{(ж)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(ж)}$	-97,9
4	$\text{HCl}_{(г)} + \text{NaOH}_{(р)} \rightarrow \text{NaCl}_{(р)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)}$ ,	-130,6
	$\text{HCl}_{(г)} + \text{Na}_{(р)}^+ + \text{OH}_{(р)}^- \rightarrow \text{Na}_{(р)}^+ + \text{Cl}_{(р)}^- + \text{H}_2\text{O}_{(ж)}$ ,	
	$\text{HCl}_{(г)} + \text{OH}_{(р)}^- \rightarrow \text{Cl}_{(р)}^- + \text{H}_2\text{O}_{(ж)}$	
5	$[(\text{CH}_3)_3\text{NH}]\text{Cl}_{(р)} + \text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}_{(г)} \rightarrow [(\text{CH}_3)_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}]\text{Cl}_{(р)}$	-141,0
6	$(\text{CH}_3)_3\text{N}_{(г)} + \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}_{(ж)} + \text{OH}_{(р)}^- \rightarrow [(\text{CH}_3)_3\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}]\text{Cl}_{(р)} + \text{Cl}_{(р)}^-$	-220,3

Расчет теплот образования веществ по средним энергиям связей ведут по формуле [20]:

$$\Delta H_{f,298}^0 = \sum k \cdot Q_{\text{возг}} - \sum (n \cdot E)_{\text{прод}} + \sum (n \cdot E)_{\text{исх}}$$

где  $Q_{\text{возг}}$  – теплота возгонки (атомизации) вещества, находящегося в твёрдом агрегатном состоянии;

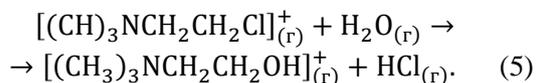
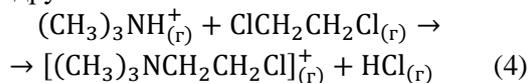
$E_{(\text{прод})}$  – средние энергии химических связей в продуктах реакции;

$E_{(\text{исх})}$  – средние энергии химических связей в исходных веществах;

$k$  – число молей твёрдого вещества;

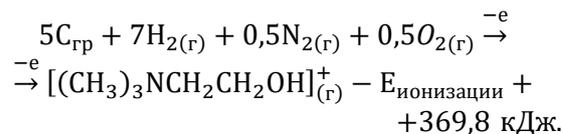
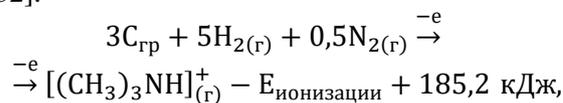
$n$  – число образующихся или разрывающихся химических связей.

Метод по средним энергиям химических связей даёт значения теплот образования веществ в газообразном состоянии при стандартных условиях. В связи с этим реакции синтеза ХХ из ТМА и ДХЭ перепишем иначе, через ионы аммония в газообразном состоянии, и примем в рамках данной работы, что тепловые эффекты диссоциации хлорида триметиламмония, холинхлорида и хлорхолинхлорида на ионы компенсируют друг друга:

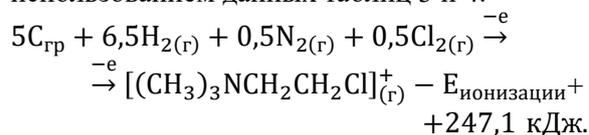


В справочной литературе приведены несколько рядов средних энергий связей для органических соединений, энергий диссоциации двухатомных и многоатомных молекул на атомы и радикалы [21, 25-31]. Разброс между данными разных авторов по средним энергиям некоторых связей может достигать 80-90 кДж/моль. В работе [32] для расчёта теплот образования реагентов, участвующих в синтезе холинхлорида из триметиламина и

этиленоксида, выполнен подбор энергий связей для узкой группы органических соединений, содержащих в молекуле до пяти атомов углерода и по одному или по два гетероатома. В таблице 3 приведены принятые в работе [32] значения средних энергий связей, в таблице 4 – энергии диссоциации двухатомных молекул. Расчёт условных теплот образования катионов триметиламмония и триметил-2-гидроксиэтил-аммония по методу средних энергий химических связей выполнен в соответствии с уравнениями реакций [32]:



Рассчитаем условный тепловой эффект образования из простых веществ в газовой фазе катиона триметил-2-хлорэтиламмония с использованием данных таблиц 3 и 4:



Теперь проведём расчёт при стандартных условиях тепловых эффектов реакций (4) и (5), используя дополнительно данные таблицы 1. Согласно расчётам, изменения энтальпий реакции равны, соответственно:  $\Delta H_{r4,298}^0 = -23,2$  кДж,  $\Delta H_{r5,298}^0 = +26,8$  кДж. В результате, для газовой фазы первая стадия (реакция (4)) является экзотермической, вторая (реакция (5)) – эндотермической, с близ-

кими между собой по абсолютной величине тепловыми эффектами.

С учетом агрегатного состояния ДХЭ (жидкость), растворов NaOH и NaCl переписи-

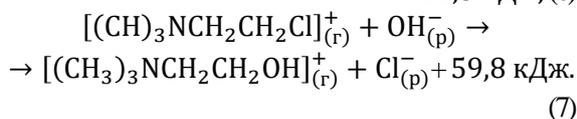
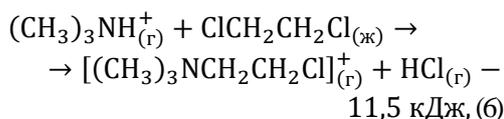
шем термохимические уравнения реакций на этапах синтеза XX, что изменит и тепловые эффекты:

Таблица 3 – Значения энергий разрыва связей (E), теплоты возгонки графита (Q<sub>гр</sub>)

Параметр	E <sub>C-H</sub>	E <sub>N-H</sub>	E <sub>O-H</sub>	E <sub>C-C</sub>	E <sub>C-O</sub>	E <sub>C-N</sub>	E <sub>C-Cl</sub>	Q <sub>гр</sub>
Значение, кДж/моль	396,0	381,0	450,5	344,0	344,5	297,0	328,0	669

Таблица 4 – Средние энергии диссоциации двухатомных молекул [22, 23, 25-28]

Вещество	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Энергия, кДж/моль	434,275	495,680	241,525	944,800

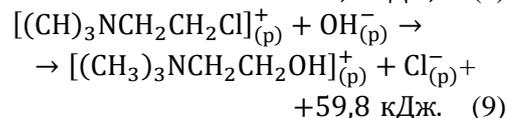
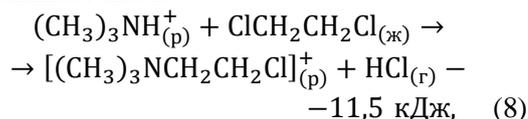


В результате, для данных модельных реакций (6), (7) без учёта процесса растворения катионов аммония в воде получили небольшой эндотермический эффект на первой стадии (6) и экзотермический эффект на второй стадии (7).

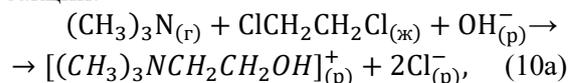
В справочной литературе имеются данные о теплотах образования хлорида триметиламмония в твёрдом состоянии и в предельно разбавленном водном растворе, что позволяет вычислить теплоту растворения этой соли в воде, а также, зная теплоту образования в водном растворе хлорид-иона, рассчитать теплоту образования в предельно разбавленном водном растворе иона триметиламмония, которая составляет –112,9 кДж/моль. Это значение на 72,3 кДж/моль положительнее, чем рассчитанная по средним энергиям связей [29] условная теплота образования иона триметиламмония в газовой фазе. По данным [24, 27, 33] в ряду  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+ \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+ \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$  теплоты образования ионов (кДж/моль) в предельно разбавленном водном растворе увеличиваются, соответственно: –122,9 → –120,3 → –112,9. То есть с увеличением молекулярной массы иона и/или степени замещения у атома азота атомов водорода на метильные радикалы энтальпия его образования в растворе увеличивается. Для катионов триметил-2-гидроксиэтиламмония и триметил-2-хлорэтиламмония такой информации в справочной литературе не найдено. Однако, воспользовавшись значением изменения энтальпии в

уравнении 5 (табл. 2) [22], можно вычислить по закону Гесса теплоту образования XX в водном растворе, которая составит –473,6 кДж/моль. Зная теплоту образования хлорид-иона в водном растворе (см. табл. 1), получим теплоту образования в растворе иона триметил-2-гидроксиэтиламмония, равную –306,5 кДж/моль. Это значение на 63,3 кДж/моль положительнее условной теплоты образования данного иона в газовой фазе, рассчитанной по методу средних энергий связей.

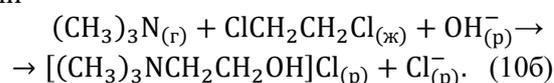
В рамках работы для газообразных ионов триметиламмония, триметил-2-хлорэтиламмония и триметил-2-гидроксиэтиламмония примем равенство теплот растворения в воде независимо от концентрации раствора. Тогда модельные реакции (6) и (7) переписем иначе:



Выполним проверочный расчёт изменения энтальпии суммарной реакции (3) синтеза XX в растворе с участием замещённых катионов аммония, сочетая данные таблицы 2 и тепловые эффекты модельных реакций (8, 9). Для этого суммируем реакции (8) и (9) с уравнением 1 из таблицы 2. Это приведёт к реакции:



или



Реакция (10б) совпадает с уравнением 6 из таблицы 2. В результате суммирования тепловых эффектов указанных реакций получим величину энтальпии суммарного процесса синтеза XX:

$$\Delta H_r = 11,5 - 59,8 - 163,1 = -211,4 \text{ кДж.}$$

Рассчитанное значение на 8,9 кДж положительнее величины, приведённой для уравнения 6 (табл. 2), полученного комбинированием уравнений 1-5 (табл. 2). Таким образом, двухстадийный синтез XX на основе ТМА, ДХЭ и водного раствора щёлочи явля-

ется по сумме стадий экзотермическим. При этом первая стадия в соответствии с модельной реакцией (8) эндотермическая, а вторая стадия в соответствии с модельной реакцией (9) протекает как экзотермическая.

По данным [14] синтез XX из ТМА и ДХЭ проходит при температуре 90-100 °С в течение 6 часов. Выход конечного продукта близок к теоретическому. Продуктовый поток представляет собой водный раствор XX и NaCl.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая советская энциклопедия. Третье издание. – М.: Советская энциклопедия, 1978. – Т. 28. – 616 с. – Текст : непосредственный.
2. Холина хлорид (cholini chloridum) описание / Регистр лекарственных средств России. РЛС. – Текст : электронный. URL: <https://www.rlsnet.ru/active-substance/xolina-chlorid-1726> (дата обращения: 01.03.2023).
3. Патент 2517470 С2 Российская Федерация, МПК А61К (2006.01). Безводная жидкая антиперспирантная/дезодорирующая композиция : заявл. 16.12.2010 : опубл. 27.05.2014 / Пань Лун (US), У Дунхой (US) ; патентообладатель КОЛГЕЙТ-ПАЛМОЛИВ КОМПАНИ. – Бюллетень № 15. – 22 с. – Текст : непосредственный.
4. Холин хлористый: свойства и применение. – Текст : электронный. URL: <https://www.systopt.com.ua/ru/article-holyn-hloristyj-svoystva-y-prymeneniye> (дата обращения: 01.03.2023).
5. **Новицкая Г. В.** Действие холинхлорида на состав и содержание липидов в листьях основных магнитоориентационных типов редиса / Г. В. Новицкая, Т. К. Кочешкова, Т. В. Феофилактова и др. – Текст : непосредственный // Физиология растений. – 2004. – Т. 51. – № 3. – С. 404-414.
6. Какие преимущества у холинхлорида по сравнению с другими стабилизаторами глин / MAS ALBION. – Текст : электронный. URL: <https://albionchem.ru/news/19878/> (дата обращения: 01.03.2023).
7. **Янгиров Ф. Н.** Разработка рецептуры ингибирования для бурения активных глин / Ф. Н. Янгиров, Д. Р. Султанов, А. В. Чудновская, Т. Д. Дихтябрь. – Текст : непосредственный. // Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, 2019. – № 1 (117). – С. 29-36.
8. Application MX20200002778 (A), Int. Cl. D06M15/39; D06M101/06. Improving the balance of durable press properties of cotton fabrics using non-formaldehyde technology / Greeson Jr Harold Kenneth (US) et al.; Applicant(s) Cotton INC (US); International Filing Date 12.03.2020; International Publication Date 06.11.2020. 61 p. – Текст : электронный. URL: [https://world-wide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=MX&NR=2020002778A&KC=A&FT=D&ND=3&date=20201106&DB=&locale=en\\_EP](https://world-wide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=MX&NR=2020002778A&KC=A&FT=D&ND=3&date=20201106&DB=&locale=en_EP) (дата обращения: 19.03.2023).
9. **Smith Emma L.** Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Application / Emma L. Smith, Andrew P. Abbott and Karl S. Ryder. // Chem. Rev. 2014, 114, 11060-11082 – Текст : электронный. URL: [dx.doi.org/10.1021/cr300162p](http://dx.doi.org/10.1021/cr300162p) (дата обращения: 01.05.2023).
10. **Дьяченко Д. И.** Исследование физических и электрохимических характеристик электролитов на основе эвтектической смеси «холин-хлорид – мочеви́на» / Д. И. Дьяченко, В. Т. Фомичев // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2015. – Вып. 4 (40). – С. 1-6. – Текст : электронный. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articulo=2013> (дата обращения: 01.03.2023).
11. **Зайцев О. И.** Электроосаждение меди на монокристаллическом электроде Pt(111) из глубокого эвтектического растворителя / О. И. Зайцев, Е. Б. Молодкина, М. Р. Эренбург, А. В. Руднев. – Текст : электронный. ISBN 978-5-7944-3752-2 // Ресурсосберегающие и экологобезопасные процессы в химии и химической технологии: тезисы докл. Всероссийской научно-практической конф. с международным участием / отв. А. М. Елохов. –

Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021 – С. 28. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/resursosberegayushchie-i-ekologobezopasnye-processy-v-himii.pdf>. (дата обращения: 01.03.2023).

12. **Филиппов В. Л.** Особенности контактного и электрохимического осаждения меди из растворов на основе эталайна / В. Л. Филиппов, А. В. Руднев. – Текст : непосредственный // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. XXXVII. – № 2. – С. 133-135.

13. Заявка 2017143409 Российская Федерация, МПК C23F 11/10. Составы ингибитора коррозии : заявл. 12.05.2016 : опубл. 17.06.2019 : приоритет 13.05.2015 (US) 62/160,837 / Хетчмен К. (GB) ; заявитель Родиа Операсьон (FR). – Бюллетень № 17. – 2 с. – Текст : электронный. URL:[https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWA/000/002/017/143/409/A\\_20190617\\_2017143409/document.pdf](https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWA/000/002/017/143/409/A_20190617_2017143409/document.pdf) (дата обращения: 19.03.2023).

14. А. с. 176591 СССР, МПК С 07с. Способ получения холинхлорида : № 938386/23-4; заяв. 18.01.1965 : опубл. 17.11.1965 / Алексеев Н. Ф., Егоров А. М., Ливен А. В. и др.; заявитель Кемеровский научно-исследовательский институт химической промышленности. – Бюллетень № 23. – 1 с. Текст: непосредственный.

15. Application 2655541 US, Int. Cl. 260567.6. Preparation of choline chloride / Hopff H. (G), Vierling K. (G); Applicant(s) Hopff H. (G), Vierling K. (G); Int. Filing Date 13.10.1949; Int. Publication Date 13.10.1953, Serial № 121222. 1 p. – Текст : электронный. URL:<https://patents.google.com/patent/US2655541A/en> (дата обращения: 02.03.2023).

16. Application 2623901 US, Int. Cl.; Production of choline chloride / Howard C. Klein (US), Roland Kapp, Newark, N.J.; Current Assignee Nopco Chemical Company; Int. Filing Date 28.01.1950; Int. Publication Date 30.12.1952, Seria № 141,152. 3 p. – Текст : электронный. URL: <https://patents.google.com/patent/US2623901A/en> (дата обращения: 01.03.2023).

17. Лицензированные процессы: холинхлорид. Производство химикатов / Johnson Matthey Davy Technologies. – Текст: электронный. URL: [http://www.davyprotech.com/what-we-do/licensed-processes-and-core-technologies/licensed-processes/choline-](http://www.davyprotech.com/what-we-do/licensed-processes-and-core-technologies/licensed-processes/choline-chloride/specification/)

[chloride/specification/](http://www.davyprotech.com/what-we-do/licensed-processes-and-core-technologies/licensed-processes/choline-chloride/specification/) (дата обращения: 01.03.2023).

18. Application 2774759 US, Int. Cl.; Preparation of choline base and choline salts / Eben G. Blackett (US), Arnold J. Soliday (US); Current Assignee Wyeth Holdings LLC; Int. Filing Date 06.01.1955; Int. Publication Date 18.12.1956, Serial № 480268; 2 p. – Текст: электронный. URL: <https://patents.google.com/patent/US2774759A/en> (дата обращения: 01.03.2023).

19. Патент 478463 СССР, М. Кл. C07c87/30. Способ получения хлористого холина : заявл. 19.10.65 : опубл. 25.07.75 / Кирилл Ван Эйген ; заявитель «Юшб Юнион Шимик – Хемише Бедрижвен А.О. (Бельгия). – Бюллетень № 27. – 2 с. – Текст: электронный. URL: <https://patents.su/2-478463-sposob-polucheniya-khloristogokholina.html> (дата обращения: 03.03.2023).

20. **Стромберг А. Г.** Физическая химия / А. Г. Стромберг. – М., 2009. – 528 с. – ISBN 978-5-06-006161-1. – Текст : непосредственный.

21. Справочник химика. Т. 1. Общие сведения. Строение вещества. Свойства важнейших веществ. Лабораторная техника / Под ред. Б. Н. Никольского. – М.-Л., 1966. – 1072 с. – Текст : непосредственный.

22. Холинхлорид. Свойства, применение, методы получения. Обзор патентной и журнальной литературы за период 1950-1983 гг. / Составители: Л. А. Лаврентьева, С. А. Поддубная, Н. А. Уринг. – М.: Научно-исследовательский институт технико-экономических исследований, 1984. – 26 с. – Текст : непосредственный.

23. Физико-химические и теплофизические свойства исходных, промежуточных, конечных продуктов и отходов производства. – Текст : электронный. URL: [https://studref.com/648804/tehnika/fiziko\\_himicheskie\\_teplofizicheskie\\_svoystva\\_ishodnyh\\_promezhtochnyh\\_konechnyh\\_produktov\\_othodov\\_proizvo](https://studref.com/648804/tehnika/fiziko_himicheskie_teplofizicheskie_svoystva_ishodnyh_promezhtochnyh_konechnyh_produktov_othodov_proizvo) (дата обращения: 17.06.23).

24. **Мищенко К. П.** Вопросы термодинамики и строения водных и неводных растворов электролитов / К. П. Мищенко, Г. М. Полторацкий. – Л: Химия, 1968. – 352 с. – Текст : непосредственный.

25. Краткий справочник физико-химических величин. / Под ред. А. А. Равделя и А. М. Пономарёвой. – СПб., 2003. – 240 с. – ISBN 5-8194-0071-2. – Текст : непосредственный.

26. **Карапетьянц М.Х.** Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ / М. Х. Карапетьянц, М. Л. Карапетьянц. – М., 1968. – 500 с. – Текст : непосредственный.

27. База данных. Термические константы веществ. – Текст : электронный. URL: <https://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl?show=welcom.html> (дата обращения: 17.06.2023).

28. **Гороновский И. Т.** Краткий справочник по химии / И. Т. Гороновский, Ю. П. Назаренко, Е. Ф. Некряч – Киев, 1987. – 832 с. – Текст : непосредственный.

29. Краткий справочник по химии / Под ред. О. Д. Куриленко. – Киев, 1974. – 832 с. – Текст : непосредственный.

30. **Мищенко К. П.** Краткий справочник физико-химических величин / К. П. Ми-

щенко, А. А. Равдель. – Л., 1974. – 200 с. – Текст : непосредственный.

31. **Ерёмин В. В.** Задачи по физической химии / В. В. Ерёмин, С. И. Каргов, И. А. Успенская и др. – М., 2003. – 320 с. – ISBN 5-94692-155-X. – Текст : непосредственный.

32. **Касаткина А. А.** Расчёт тепловых эффектов химических реакций в синтезе холинхлорида / А. А. Касаткина, И. В. Юрченко, Л. В. Фомина. – Текст : непосредственный // Сборник трудов АнГТУ. – Ангарск, 2019. – С. 70-76.

33. **Фомина Л. В.** Расчёт тепловых эффектов реакций с участием аминов и замещённых солей аммония / Л. В. Фомина. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов АнГТУ. – Ангарск: ФГБОУ ВО «АнГТУ», 2022. – С. 64-69.

УДК 532.575.9

**Черепанов Анатолий Петрович,**

д.т.н., профессор кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: boning89@mail.ru

## МАШИНЫ ДЛЯ НАБОРА КОМПЛЕКТОВ ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ

*Cherepanov A.P.*

## MACHINES FOR THE SET OF SETS OF PRINTED PRODUCTS

**Аннотация.** В статье рассмотрена конструкция машины для комплектования печатной продукции с необходимостью набора различных по содержанию и количеству комплектов при издании книг или комплектов корреспонденции, доставляемых подписчикам. Показаны достоинства и недостатки комплектующих машин.

**Ключевые слова:** комплект, набор, печать, складывание, сортировка, кupa, доставка.

**Abstract.** The article considers the design of machines for completing printed products with the need for a set of sets different in content and number when publishing books or sets of correspondence delivered to subscribers. The advantages and disadvantages of the machine components are shown.

**Keywords:** bale, delivery, folding, printing, set, sorting.

Комплектование печатной продукции с набором различных по содержанию и количеству комплектов, поставляемых подписчикам, или при издании книг, содержит необходимость набора тетрадей для комплектов в книге. Операция комплектования газет, документации или листов тетради состоит из создания и выравнивания всех листов по верным сторонам путем приведения их торцевых кромок в контакт с какой-либо ровной поверхностью. Верными сторонами называются стороны бумажного листа, которые в процессе печатания прилегают к боковому и переднему упорам печатной машины.

Машины для комплектования печатной продукции обычно имеют сортировочный

конвейер, устройство контроля положения листа вдоль конвейера, приемник, привод с последовательными ступенями подачи комплектов, сдвигающий регистр и устройства последовательной подачи заданного числа, расположенных ниже по потоку листов [1]. Недостатком комплектовочной машины является то, что в случае ошибки подачи требуется ручная сортировка листов. Система сортировки [2] содержит в зависимости от количества листов, которые должны быть сведены в форму комплекта, ряд подающих устройств, механизм сортировки, вакуумную головку, приемное устройство, питатель, схему сопоставления данных, связанную с каждым устройством подачи, захваты ниж-