

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ И КРАСИТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ИХ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТИ

А. И. Леонтьева, М. Ю. Субочева, К. В. Брянкин, А. Б. Рудакова

*Кафедра «Химия и химические технологии», mariya_1711@mail.ru,
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия*

Ключевые слова: водорастворимые примеси; коэффициент активности; органические пигменты и красители; сушка.

Аннотация: Представлены результаты исследований процесса сушки органических пигментов и красителей. Оценено влияние начального содержания твердой фазы, водорастворимых примесей в пасте органического пигмента и красителей и конечной влажности на энергозатраты процесса обезвоживания (коэффициент эффективности). Даны рекомендации по выбору метода сушки пастообразных продуктов органических красителей и пигментов, обладающих термоблагодарными характеристиками.

Органические красители и пигменты, выпускаемые в пастообразном виде с высокой степенью чистоты по примесям, являются, в настоящее время, практически невостребованными из-за низкой концентрации целевого компонента. Повысить концентрацию можно путем обезвоживания пасты сушкой при режимных параметрах процесса, обеспечивающих стабильность химической структуры продукта при минимуме энергозатрат.

Сушильное оборудование, традиционно используемое в анилинокрасочной промышленности (вакуум-гребковые, вальцеленточные сушилки (СВЛ) и др.), не позволяют достичь высоких показателей по качеству и энергосбережению, так как стойкость к окислению у органических красителей и пигментов даже при низких температурах 60...80 °С низкая.

Учитывая, что наиболее важными показателями качества химических продуктов тонкого органического синтеза являются концентрация целевого вещества и химическая чистота [1], при экспериментальном обосновании технологических режимов процесса сушки для ряда органических красителей и пигментов наряду с классическими зависимостями, характеризующими кинетику удаления влаги из материала и его нагрев, рассмотрены зависимости изменения концентрации целевого вещества во времени [2].

Кривые изменения концентрации целевого вещества во времени в данном случае являются более информативными, по сравнению с зависимостями классического вида, так как они интегрально учитывают как кинетику прироста концентрации целевого вещества в продукте за счет уменьшения его влажности, так и наличие и характер влияния режима сушки продукта на сохранность первоначальной массы целевого продукта.

Известно, что большинство органических красителей и пигментов, будучи подвержены малоинтенсивному тепловому режиму сушки, даже при достаточно

низкой температуре материала, могут подвергаться деструкции, иногда с практически полной потерей целевого вещества, а при высокоинтенсивном режиме сушки при повышенных температурах наоборот сохраняют концентрацию целевого вещества, практически соответствующей его начальному содержанию.

Один и тот же продукт в одних условиях проведения процесса сушки может быть отнесен к термоустойчивым веществам, а в других – к легкоразлагающимся термочувствительным материалам.

Все вышесказанное определяет направление исследований процесса сушки органических красителей и пигментов, так как правильный подбор аппаратного оформления процесса сушки и его технологических режимов невозможен без наличия количественных и качественных оценок термочувствительности продуктов и соответствующего описания процессов деструкции основного вещества в высушиваемом органическом продукте.

Известно, что структура органических соединений имеет как очень прочные, так и слабые связи, поэтому совокупность устойчивости связей органических соединений характеризуется различной термической устойчивостью, что практически не учитывается в настоящее время при проведении технологических процессов сушки ввиду отсутствия классификации органических соединений по критерию «термическая устойчивость».

В фундаментальных курсах органической и физической химии практически не уделяется внимания вопросам свойств соединений с точки зрения термической устойчивости. В прикладных научно-исследовательских работах имеются сведения отрывочного характера [2, 3]. Кроме того, значения критерия, позволяющего оценить термическую устойчивость органических соединений, до сих пор не определены.

В качестве определяющих факторов, формирующих термическую устойчивость органических соединений, можно предложить:

- энергию химических связей, образующих молекулу;
- тип функциональных групп, входящих в состав молекулы;
- знак индукционного и мезомерного эффектов заместителей.

Сложность подходов к вопросам подбора оборудования для сушки какого-либо материала, даже без количественного учета термической устойчивости веществ, освещается в работах [2, 4 – 6].

За критерий выбора оптимального сушильного оборудования взят обобщенный показатель, учитывающий изменение годовой производительности, объема капитальных вложений, эксплуатационных затрат и качественных показателей выпускаемого продукта в экономически эквивалентных соотношениях.

Практически, при выборе аппаратного оформления и технологических режимов процесса сушки органических красителей и пигментов должна решаться задача оптимизации по экономическим параметрам, идентичная с «задачей баланса интересов». В основе выбора должен быть учет многих факторов: рекомендаций по выбору оборудования для данного конкретного продукта стоимости продукта, теряемого при сушке, стоимости самого оборудования и всего процесса в целом. То есть при сушке достаточно «дешевого» и термостойкого продукта не целесообразно закупать дорогостоящее сушильное оборудование и тратить средства на экспериментальное уточнение технологических режимов, так как потери продукта в денежном выражении могут составлять незначительную долю в его себестоимости. Подвергая же сушке дорогостоящий «термочувствительный» материал, необходим тщательный подбор оборудования и обеспечение жестких ограничений по технологическим режимам сушки, так как потери от термического разложения продукта могут составлять значительную величину и определять рентабельность производства в целом.

Единственным параметром, нашедшим практическое применение в настоящее время и характеризующим термическую устойчивость органических красителей и пигментов является «предельно допустимая температура сушки» [1, 2].

Однако предельно допустимая температура сушки органических красителей и пигментов анилинокрасочной промышленности является зависимой от технологических параметров сушки, типа сушилки, чистоты продукта и используемых стабилизаторов, и, поэтому не может использоваться в качестве объективного [4 – 12].

Условия оптимальной работы стадии обезвоживания:

$$\begin{cases} c_{\text{цел}} \longrightarrow \max \\ \sum Z_{\text{пр}}^{\text{обезв}} \longrightarrow \min, \\ m_{\text{цел}}^{\text{пот}} \longrightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

где $c_{\text{цел}}$ – концентрация целевого компонента, кг/м³; $\sum Z_{\text{пр}}^{\text{обезв}}$ – суммарные затраты, связанные с проведением процесса обезвоживания единицы массы органических красителей и пигментов в денежном эквиваленте с учетом примесей; $m_{\text{цел}}^{\text{пот}}$ – масса потерь целевого компонента, кг.

Для стадий обезвоживания органических красителей и пигментов, выражение для определения коэффициента эффективности $k_{\text{эфф}}^{\text{обезв}}$ выглядит следующим образом

$$k_{\text{эфф}}^{\text{обезв}} = \frac{f_{\text{эфф}}^{\text{обезв}}(c_{\text{цел}}; u_{\text{к}}; d_{\text{экв}})}{\sum Z^{\text{обезв}}}, \quad (2)$$

где $f_{\text{эфф}}^{\text{обезв}}(c_{\text{цел}}; u_{\text{к}}; d_{\text{экв}})$ – функция, позволяющая оценить «эффективность» процесса обезвоживания органических красителей и пигментов тем или иным способом. При этом получение ее для конкретных органических красителей и пигментов возможно на основе анализа результатов маркетинговых исследований рынка реализации данного продукта, в части стоимости единицы массы 100%-го продукта с различной концентрацией целевого компонента, кг/м³, конечной влажностью, %, и эквивалентным диаметром частиц высушиваемого материала $d_{\text{экв}}$, м; $\sum Z^{\text{обезв}}$ – суммарные затраты, связанные с проведением процесса обезвоживания единицы массы органических красителей и пигментов в денежном эквиваленте

$$\sum Z^{\text{обезв}} = Z_{\text{нагр}}^{\text{обезв}} + Z_{\text{исп}}^{\text{обезв}} + Z_{\text{потери}}^{\text{обезв}} + Z_{\text{всп}}^{\text{обезв}}, \quad (3)$$

где $Z_{\text{нагр}}^{\text{обезв}}$, $Z_{\text{исп}}^{\text{обезв}}$ – затраты энергоносителей на нагрев составных частей конструкции сушилки и влажного материала и на испарение влаги из органических красителей и пигментов соответственно, р.; $Z_{\text{всп}}^{\text{обезв}}$ – вспомогательные затраты энергоносителей (затраты на механические приводы, вентиляторы, разгрузочные транспортеры и т.п.). Данные затраты могут быть определены по существующим методикам расчета сушильного оборудования и являются зависимыми от конструктивных особенностей сушильного оборудования $\bar{k}_{\text{кон}}$ и технологических параметров $\bar{k}_{\text{техн}}$, то есть $Z_{\text{нагр}}^{\text{обезв}} + Z_{\text{исп}}^{\text{обезв}} + Z_{\text{всп}}^{\text{обезв}} = f_z^{\text{обезв}}(\bar{c}_{\text{прим}}; \bar{c}_{\text{цел}}^{\text{н.к.}}; t_{\text{СА}}^{\text{н.к.}}; \Phi_{\text{СА}}^{\text{н.к.}}; \text{Re}; d_{\text{экв}}; \bar{k}_{\text{кон}})$,

$t_{СА}^{Н,К}$ – начальная и конечная температуры сушильного агента; $\varphi_{СА}^{Н,К}$ – начальная и конечная объемные доли подаваемого сушильного агента, Re – число Рейнольдса; $Z_{потери}^{обезв}$ – потери органических красителей и пигментов при проведении процесса обезвоживания, р. Для проведения предварительных расчетов можно принять, что $Z_{потери}^{обезв} = \Pi_{ОКП}^{ср} \cdot \Delta c_{ср}^{обезв} \cdot N_{ОКП}$, при этом $\Pi_{ОКП}^{ср}$ – средняя цена реализации органических красителей и пигментов (рублей за единицу массы 100%-го продукта); $\Delta c_{ср}^{обезв}$ – среднее значение потери (убыли) концентрации органических красителей и пигментов при термическом обезвоживании; $N_{ОКП}$ – количество высушиваемого органических красителей и пигментов (за операцию – при периодическом способе производства или в единицу времени, при непрерывном способе производства).

В соответствии с основными положениями качественной классификации органических красителей и пигментов по их термической устойчивости [4, 9], величина $\Delta c_{ср}^{обезв}$ является функцией конструктивных параметров сушильного оборудования (тип сушилки, ее габариты), технологических параметров процесса обезвоживания и уровня термической устойчивости органических красителей и пигментов $K_{ту}$, то есть

$$\Delta c_{ср}^{обезв} = f_{\Delta c}^{обезв}(\bar{c}_{прим}; t_{СА}^{Н,К}; \varphi_{СА}^{Н,К}; u_{ОКП}^{Н,К}; Re; t_{ОКП}^{Н,К}; d_{экр}; \bar{k}_{кон}^{обезв}; K_{ту}), \quad (4)$$

где $u_{ОКП}^{Н,К}$ – начальная и конечная влажность органических красителей и пигментов до и после сушки; $t_{ОКП}^{Н,К}$ – начальная и конечная температура органических красителей и пигментов.

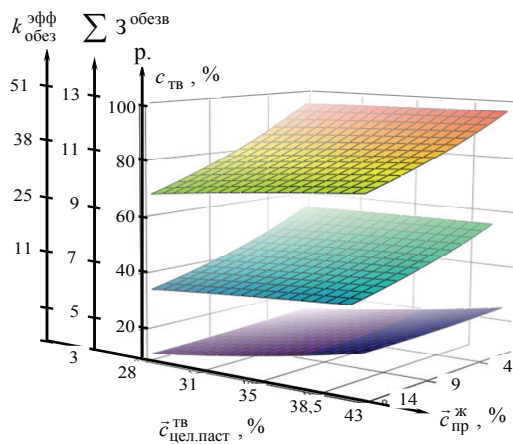
Таким образом

$$k_{эфф}^{обезв} = \frac{f_{эфф}^{обезв}(c_{цел}^к; u_k; d_{экр})}{f_3^{обезв} + Z_{потери}^{обезв}}. \quad (5)$$

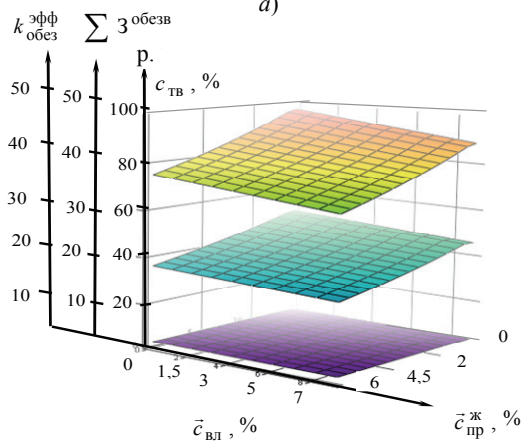
Определение значения $k_{эфф}^{обезв}$ приведем на примере пасты пигмента Оранжевого Ж. Экспериментально были определены оптимальные параметры технологического режима процесса сушки пасты пигмента Оранжевого Ж на имеющемся в существующем производстве сушильном оборудовании, обеспечивающей минимальное значение $\Delta c_{ср}^{обезв}$ (потери концентрации органических красителей и пигментов при термическом обезвоживании). Цель исследований процесса сушки – нахождение зависимости энергозатрат от начального содержания твердой фазы в пасте, водорастворимых примесей и конечной влажности готового продукта. Полученные графические зависимости представлены на рис. 1, из анализа которых видно, что:

1. Минимальные энергозатраты на стадию сушки имеются в случае максимального содержания твердой фазы в пасте и минимального содержания водорастворимых примесей для всех конечных влажностей продукта и колеблются в пределах от 2,76 до 4,98 р./кг сухого продукта.

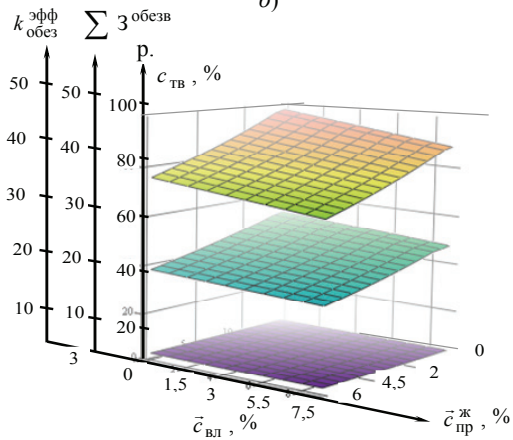
2. Повышение содержания водорастворимых примесей в пасте приводит к увеличению потери целевого продукта $\Delta c_{ср}^{обезв}$, так при содержании водорастворимых примесей 15 % в пасте потери целевого компонента составляют



a)



б)



в)

Рис. 1. Влияние содержания твердой фазы и водорастворимых примесей в пасте пигмента Оранжевого Ж на концентрацию твердого вещества в сухом продукте пигмента Оранжевого Ж, суммарные затраты на процесс сушки, коэффициент эффективности стадии обезвоживания (сушки) при достигнутой конечной влажности, %:

a – 1; *б* – 2; *в* – 3

Таблица 1

**Значения коэффициента эффективности стадии обезвоживания
в зависимости от содержания твердой фазы, водорастворимых примесей
в пасте и конечной влажности**

| $\bar{c}_{\text{сух}}^{\text{ТВ}}, \%$ | Коэффициент эффективности $k_{\text{обез}}^{\text{эфф}}$ при начальном содержании водорастворимых примесей в пасте, % | | |
|--|---|--------|--------|
| | 13 | 15 | 17 |
| 8 | 15,765 | 17,599 | 18,512 |
| 7,5 | 16,127 | 17,979 | 18,901 |
| 7 | 16,504 | 18,377 | 19,303 |
| 6,5 | 16,898 | 16,982 | 19,722 |
| 6 | 17,306 | 19,212 | 20,157 |
| 5,5 | 17,733 | 19,656 | 20,608 |
| 5 | 18,176 | 20,116 | 21,074 |
| 4,5 | 18,641 | 20,594 | 21,561 |
| 4 | 19,128 | 21,095 | 22,068 |
| 3,5 | 19,635 | 21,615 | 22,592 |
| 3 | 20,166 | 22,158 | 23,141 |
| 2,5 | 20,721 | 22,725 | 23,713 |
| 2 | 21,305 | 23,318 | 24,306 |
| 1,5 | 21,92 | 23,937 | 24,713 |
| 1,25 | 22,238 | 24,052 | 25,03 |

$\Delta c_{\text{ср}}^{\text{обезв}} = 2,8 \div 5,41$; при содержании водорастворимых примесей 0,3 % в пасте потери целевого компонента составляют $\Delta c_{\text{ср}}^{\text{обезв}} = 0,8 \div 1,8 \%$.

3. Затраты на удаления 1 % влаги сушкой составляют 0,25 р., а удаление влаги с помощью фильтрования – в зависимости от давления фильтрования от 0,04 до 0,07 р. за 1 % удаленной влаги.

4. Для определения качественных характеристик пасты (концентрации водорастворимых примесей) и целевого компонента в твердом виде в пасте необходимо сравнить $k_{\text{обез}}^{\text{эфф}}$ (табл. 1).

Решение сформулированной в виде (5) задачи является оценочным, так как использование выражений вида $\frac{f_{\text{эфф}}^i}{\sum 3^i}$ является обоснованным в том случае, если

имеется возможность получить зависимости $f_{\text{эфф}}^i$ для каждой стадии технологического процесса.

Решение задачи получения продукта с заданными свойствами при минимальных затратах может быть рекомендовано для проектируемых производств органических красителей и пигментов, осуществления выбора варианта организации процессов заключительных стадий.

Список литературы

1. Воровцов, Н. Н. Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей / Н. Н. Воровцов. – 4-е изд. – М. : Госхимиздат, 1955. – 840 с.
2. Сажин, Б. С. Научные основы техники сушки / Б. С. Сажин, В. Б. Сажин. – М. : Наука, 1997. – 448 с.
3. Голомб, Л. М. Физико-химические основы технологии выпускных форм красителей / Л. М. Голомб. – Л. : Химия, 1974. – 224 с.
4. Исследование кинетики процесса сушки полупродуктов красителей (Р-соли) на одиночной частице / А. И. Леонтьева [и др.] // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 1996. – Т. 1, № 2. – С. 163 – 165.
5. Сравнительная характеристика методов сушки термолабильных продуктов / Л. Н. Чемерчев [и др.] // Проблемы химии и химической технологии Центрально-Черноземного региона Российской Федерации : сб. докладов 5-й Регион. науч.-техн. конф., 24-25 декабря 1997 г., Липецк. – Липецк, 1997. – С. 104 – 106.
6. Исследование процесса сушки полупродуктов органических красителей в кипящем слое инертных тел / А. И. Леонтьева [и др.] // Проблемы химии и химической технологии Центрально-Черноземного региона Российской Федерации : сб. докладов 5-й Регион. науч.-техн. конф., 24-25 декабря 1997 г., Липецк. – Липецк, 1997. – С. 106 – 111.
7. Интенсификация процесса сушки термолабильных продуктов / К. В. Брянкин [и др.] // Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности : тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф., 17 – 20 сентября 1997 г., Воронеж. – Воронеж, 1997. – С. 216 – 218.
8. Кинетика процесса сушки полупродуктов органических красителей на инертных телах / К. В. Брянкин [и др.] // Проблемы химии и химической технологии : сб. докладов 6-й Регион. науч.-техн. конф. – Воронеж, 1998. – Т. 3. – С. 19 – 26.
9. Технологические режимы сушки термолабильных азопигментов на вальцеленточной сушилке / К. В. Брянкин [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 615 – 623. doi: 10.17277/vestnik.2015.04.pp.615-623
10. Чемерчев, Л. Н. Микроволновая сушка полупродуктов органических красителей в плотном неподвижном слое при кондуктивно-диэлектрическом подводе тепла / Л. Н. Чемерчев, А. Н. Клеников, И. А. Кирилин // Труды ТГТУ: сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. Вып. 6. Технологические процессы и оборудование. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. – С. 183 – 189.
11. Оценка термостабильности полупродуктов органических красителей / А. А. Чернов [и др.] // VII науч. конф. : пленарные доклады и тезисы стендовых докладов, 23-24 апреля 2002 г., Тамбов. – Тамбов, 2002. – Ч. 1. – С. 149.
12. Леонтьева, А. И. Кинетика, технология и комплексное аппаратурно-технологическое совершенствование заключительных стадий производства полупродуктов органических красителей (выделение, фильтрование, удаление примесей, сушка) : дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.08, 05.17.04 / Леонтьева Альбина Ивановна. – Тамбов, 2005. – 402 с.

Optimization of Technological Modes of Dehydration of Organic Pigments and Dyes Given Their Heat Resistance

A. I. Leontieva, M. Yu. Subocheva, K. V. Bryankin, A. B. Rudakova

*Department of Chemistry and Chemical Technology, mariya_1711@mail.ru,
TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: water-soluble impurities; activity coefficient; organic pigments and dyes; drying.

Abstract: The results of studies of the drying process of organic pigments and dyes are presented. The effect of the initial solids content, water-soluble impurities in the paste of organic pigment and dyes, and final moisture on the energy consumption of the dehydration process (efficiency coefficient) is estimated. Recommendations on choosing a method for drying pasty-different products of organic dyes and pigments with thermolabile characteristics are given.

Reference

1. Vorozhtsov N.N. *Osnovy sinteza promezhutochnykh produktov i krasiteley* [Fundamentals of the synthesis of intermediate products and dyes], Moscow: Goskhimizdat, 1955, 840 p. (In Russ.)

2. Sazhin B.S., Sazhin V. B. *Nauchnyye osnovy tekhniki sushki* [Scientific principles of drying technology], Moscow: Nauka, 1997, 448 p. (In Russ.)

3. Golomb L.M. *Fiziko-khimicheskiye osnovy tekhnologii vypusknnykh form krasiteley* [Physical and chemical principles of technology of final forms of dyes], Leningrad: Khimiya, 1974, 224 p. (In Russ.)

4. Leont'yeva A.I., Utrobin N.P., Bryankin K.V., Chuprunov S.Yu., Fefelov P.A. [A study of the kinetics of the drying process of dyes intermediates (P-salt) on a single particle], *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki* [Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences], 1996, vol. 1, no. 2, pp. 163-165. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Chemerchev L.N., Leont'yeva A.I., Shirokova T.V., Anokhin S.V. *Problemy khimii i khimicheskoy tekhnologii Tsentral'no-Chernozemnogo regiona Rossiyskoy Federatsii: sbornik dokladov 5-y regional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Problems of Chemistry and Chemical Technology of the Central Black Earth Region of the Russian Federation: collection of reports of the 5th Regional Scientific and Technical Conference], 24-25 December, 1997, Lipetsk, 1997, pp. 104-106. (In Russ.)

6. Leont'yeva A.I., Bryankin K.V., Leont'yev Ye.A., Chernov A.A., Arzamas-tsev A.A. *Problemy khimii i khimicheskoy tekhnologii Tsentral'no-Chernozemnogo regiona Rossiyskoy Federatsii: sbornik dokladov 5-y regional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Problems of Chemistry and Chemical Technology of the Central Black Earth Region of the Russian Federation: collection of reports of the 5th Regional Scientific and Technical Conference], 24-25 December, 1997, Lipetsk, 1997, pp. 106-111. (In Russ.)

7. Bryankin K.V., Leont'yeva A.I., Utrobin N.P., Chuprunov S.Yu. *Progressivnyye tekhnologii i oborudovaniye dlya pishchevoy promyshlennosti: tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Progressive technologies and equipment for the food industry: abstracts of the International Scientific and Technical Conference], 17-20 September, 1997, Voronezh, 1997, pp. 216-218. (In Russ.)

8. Bryankin K.V., Leont'yeva A.I., Chernov A.A., Soboleva S.V. *Problemy khimii i khimicheskoy tekhnologii: sbornik dokladov 6-y regional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Problems of chemistry and chemical technology: collection of reports of the 6th Regional Scientific and Technical Conference], Voronezh, 1998, vol. 3, pp. 19-26. (In Russ.)

9. Bryankin K.V., Degtyarev A.A., Bogachev D.A., Bel'kov A.I. [Technological modes of drying thermolabile azo pigments on a rolling mill dryer], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2015, vol. 21, no. 4, pp. 615-623, doi: 10.17277/vestnik.2015.04.pp.615-623 (In Russ., abstract in Eng.)

10. Chemerchev L.N., Klenikov A.N., Kirilin I.A. *Trudy TGTU: sbornik nauchnykh statey molodykh uchenykh i studentov. Vyp. 6. Tekhnologicheskkiye protsessy i oborudovaniye* [Transactions of TSTU: collection of scientific articles of young

scientists and students. Vol. 6. Technological processes and equipment], Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2000, pp. 183-189. (In Russ.)

11. Chernov A.A., Bryankin K.V., Utrobin A.N., Klenikov A.N. *VII nauchnaya konferentsiya: plenarnyye doklady i tezisы stendovyykh dokladov* [VII Scientific Conference: Plenary reports and theses of poster presentations], 23-24 April, 2002, Tambov, 2002, part. 1, p. 149. (In Russ.)

12. Leont'yeva A.I. *PhD Dissertation (Technical)*, Tambov, 2005, 402 p. (In Russ.)

Optimierung der technologischen Entwässerungsverfahren der organischen Pigmente und Farbstoffe unter Berücksichtigung ihrer Thermobeständigkeit

Zusammenfassung: Es sind die Ergebnisse der Forschungen des Trocknungsprozesses der organischen Pigmente und Farbstoffe vorgestellt. Der Einfluss des anfänglichen Feststoffgehalts, der wasserlöslichen Verunreinigungen in der Paste aus organischen Pigmenten und Farbstoffen und der Endfeuchtigkeit auf den Energieverbrauch des Entwässerungsprozesses (Effizienzkoeffizient) ist geschätzt. Es sind Empfehlungen für die Auswahl der Methode der Trocknung pastöser Produkte aus organischen Farbstoffen und Pigmenten mit thermolabilen Eigenschaften gegeben.

Optimisation des régimes technologiques de déshydratation des pigments organiques et des colorants compte tenant de leur thermostabilité

Résumé: Sont présentés les résultats des études sur le séchage des pigments et des colorants organiques. Est évaluée l'influence de la teneur initiale de la phase solide, des impuretés solubles dans la pâte des pigments et des colorants organiques ainsi que de l'humidité finale sur les coûts énergétiques du processus de la déshydratation (facteur d'efficacité). Sont données des recommandations sur le choix de la méthode du séchage des produits pâteux des colorants organiques et des pigments ayant des caractéristiques thermolabiles.

Авторы: *Леонтьева Альбина Ивановна* – доктор технических наук, профессор кафедры «Химия и химические технологии»; *Субочева Мария Юрьевна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия и химические технологии»; *Брянкин Константин Вячеславович* – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Химия и химические технологии»; *Рудакова Анна Борисовна* – аспирант кафедры «Химия и химические технологии», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Гатапова Наталья Цибиковна* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологические процессы, аппараты и технологическая безопасность», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.