

# Валидация метода прямого определения количественного содержания летучих компонентов в спиртосодержащей продукции

**С.В. Черепица, канд. физ.-мат. наук; С.Н. Сытова, канд. физ.-мат. наук**

Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета, г. Минск

**В.В. Егоров, д-р хим. наук, профессор; С.М. Лещев, д-р хим. наук, профессор; А.Л. Корбан; Л.Н. Соболенко**

Белорусский государственный университет (химический факультет), г. Минск

**Д.А. Милочкин; В.С. Устюгов; В.А. Коробов; Д.Р. Исмагилов, канд. хим. наук**

ЗАО СКБ «Хроматэк», г. Йошкар-Ола

Дата поступления в редакцию 02.10.19

Дата принятия в печать 20.12.2019

\* svcharapitsa@tut.by

© Черепица С.В., Сытова С.Н., Егоров В.В., Лещев С.М., Корбан А.Л., Соболенко Л.Н.,  
Милочкин Д.А., Устюгов В.С., Коробов В.А., Исмагилов Д.Р., 2019

## Реферат

Цель данной работы – развитие метода прямого определения количественного содержания летучих компонентов в спиртосодержащей продукции. Данный метод основан на использовании этанола в качестве внутреннего стандарта и, как было показано ранее, может применяться для анализа широкого спектра спиртосодержащей и алкогольной продукции, включая алкогольные напитки, фармацевтические продукты, парфюмерию, отходы спиртосодержащей продукции, биоэтанол, этанол-содержащее автомобильное топливо, то есть любой продукции, содержащей в себе этанол. Метод обеспечивает прямое определение количественного содержания летучих компонентов непосредственно в размерности мг/л АА в полном соответствии с нормативными правовыми актами на испытуемую продукцию. Алгоритм обработки экспериментальных данных с использованием предложенного метода совпадает с алгоритмом расчетов для традиционного метода внутреннего стандарта. В работе продемонстрирована возможность валидации предложенного метода на основании анализа экспериментальных данных при испытании стандартных растворов летучих компонентов в соответствии с действующими стандартами, без каких-либо дополнительных измерений, материальных и финансовых затрат. В проведенных исследованиях стандартные растворы для газохроматографических измерений были приготовлены гравиметрическим методом. Для оценки метрологических характеристик метода полученные экспериментальные результаты обработаны в соответствии с серией стандартов ИСО 5725, руководством ЕвроХим. Выполнены оценки прецизионности, правильности, линейности и пределов количественного определения предложенного метода. Величины пределов повторяемости варьировали между 1,0 и 7,0%, величины пределов промежуточной прецизионности варьировали между 1,2 и 8,6% для всех исследуемых компонентов, что свидетельствует об удовлетворительной повторяемости метода. Величины относительного смещения варьировали между 0,1 и 6,1% для всех исследуемых компонентов, что демонстрирует высокую точность метода. Проведенный анализ подтвердил, что метод «Этанол в качестве внутреннего стандарта» доверен, надежен, менее трудозатратен по сравнению с традиционным методом внутреннего стандарта и может быть использован в качестве референтного на международном уровне.

## Ключевые слова

валидация, количественное определение, летучие компоненты, референтный метод, спиртосодержащая продукция.

## Цитирование

Черепица С.В., Сытова С.Н., Егоров В.В., Лещев С.М., Корбан А.Л., Соболенко Л.Н., Милочкин Д.А., Устюгов В.С., Коробов В.А., Исмагилов Д.Р. (2019) Валидация метода прямого определения количественного содержания летучих компонентов в спиртосодержащей продукции // Пиво и напитки. 2019. № 4. С. 41–45.

# Validation of the Method of Direct Determination of the Quantitative Content of Volatile Components in Alcohol Containing Products

**S.V. Cherepitsa, Candidate of Physico-Matematical Science; S.N. Sytova, Candidate of Physico-Matematical Science**

Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University, Minsk

**V.V. Egorov, Doctor of Chemistry Science, Professor; S.M. Leshchev, Doctor of Chemistry Science, Professor; A.L. Korban; L.N. Sobolenko**  
Belarusian State University, Minsk

**D.A. Milochkin; V.S. Ustyugov; V.A. Korobov; D.R. Ismagilov, Candidate of Chemical Science**  
JSC CHROMATEC, Yoshkar-Ola

Received: October 02, 2019

Accepted: December 20, 2019

\* svcharapitsa@tut.by

© Cherepitsa S.V., Sytova S.N., Egorov V.V., Leshchev S.M., Korban A.L., Sobolenko L.N.,  
Milochkin D.A., Ustyugov V.S., Korobov V.A., Ismagilov D.R., 2019

## Abstract

The aim of this work is the further development of the method of direct determination of the quantitative content of volatile compounds in alcohol-containing products. This method is based on the use of ethanol as an internal standard and, as was shown earlier, can be used to analyze a wide range of

alcohol-containing products, including spirit beverages, pharmaceutical products, perfumes, bioethanol, ethanol-containing automobile fuel, i. e. any product containing ethanol. The method provides a direct determination of the quantitative content of volatile compounds directly in the dimension mg per litre AA in full compliance with regulatory legal acts for the tested products. The experimental data processing algorithm using the proposed method coincides with the algorithm for such calculation in traditional method of internal standard. The work demonstrates the possibility of validating the proposed method based on the analysis of experimental data when testing standard solutions of volatile compounds in accordance with current standards, without any additional measurements, material and financial costs. In the studies performed, standard solutions for gas chromatographic measurements were prepared by the gravimetric method. To evaluate the metrological characteristics of the method, the obtained experimental results were processed in accordance with a series of standards ISO 5725 and the guidance of EuroChem. In undertaken experiment it was evaluated in terms of accuracy, precision, linearity and quantification limits by gas chromatographic measurements of gravimetrically prepared standard solutions of volatile congeners in water-ethanol matrix. The values of the repeatability limits varied between 1.0 and 7.0%, the values of the intermediate precision limits varied between 1.2 and 8.6% for all the studied compounds. This fact indicates satisfactory repeatability of the method. The relative bias values varied between 0.1 and 6.1% for all the studied compounds, that demonstrates the high accuracy of the method. So, the analysis confirmed that the method «Ethanol as Internal Standard» saves labour, time and resources than the traditional method of internal standard, can be easily employed in each and every testing laboratory and can be used as a reference at the international level.

#### Key words

validation; quantitative determination; volatile compounds; reference method; alcohol-containing products.

#### Citation

Cherepitsa S.V., Sytova S.N., Egorov V.V., Leshchev S.M., Korban A.L., Sobolenko L.N., Milochkin D.A., Ustyugov V.S., Korobov V.A., Ismagilov D.R. (2019) Validation of the Method of Direct Determination of the Quantitative Content of Volatile Components in Alcohol Containing Products // Beer and Beverages = Pivo i Napitki. 2019. No. 4. P. 41–45.

**Введение.** В соответствии с требованиями Технического регламента Евразийского экономического союза 047/2018 «О безопасности алкогольной продукции» [1] в целях защиты жизни и здоровья человека для алкогольной продукции установлены допустимые уровни содержания летучих компонентов. На сегодняшний день действует целый ряд межгосударственных [2–4] и государственных стандартов [5–7] по определению количественного содержания летучих компонентов в алкогольной продукции. Во всех указанных стандартах определение величин концентраций летучих компонентов выполняют с применением газовых хроматографов по методу внешнего стандарта (абсолютной градуировки). Непосредственно на основании хроматографических измерений определяют величины концентраций исследуемых компонентов, выраженные в размерности мг/л или объемных % (для метанола). Согласно требованиям [2–7] величины концентраций летучих компонентов должны быть представлены в размерности мг/л безводного этанола (Absolute Alcohol – AA), а в случае метанола – в объемных % в пересчете на безводный этанол. Для этого необходимо денситометрическим методом определять объемное содержание этанола (крепость) в исследуемом образце [8].

В работе [9] был предложен инновационный метод количественного определения летучих компонентов в спиртосодержащей продукции методом газовой хроматографии. Новизна предложенного метода заключается в использовании этанола, который заведомо присутствует во

всех спиртосодержащих продуктах, в качестве внутреннего стандарта. Метод обеспечивает прямое определение количественного содержания летучих компонентов непосредственно в размерности мг/л AA в полном соответствии с нормативными правовыми актами на испытуемую продукцию [2–7]. Алгоритм обработки экспериментальных данных с использованием предложенного метода совпадает с алгоритмом расчетов для традиционного метода внутреннего стандарта, установленного в межгосударственных стандартах [10, 11]. Важно отметить, что валидация предложенного метода может быть реализована в ходе выполнения испытаний в соответствии с действующими стандартами [2–7] и регламента Еврокомиссии EC 2870/2000 [10] без каких-либо дополнительных измерений, материальных и финансовых затрат.

**Цель работы** — демонстрация возможности валидации предложенного метода «Этанол в качестве внутреннего стандарта» на основании анализа экспериментальных данных, получаемых при испытании стандартных растворов летучих компонентов в соответствии с действующими межгосударственными и государственными стандартами.

**Методы исследования.** Калибровка измерительного прибора заключается в определении относительных коэффициентов чувствительности (Relative Response Factor — RRF) детектора на каждый анализируемый летучий компонент относительно этанола:

$$\text{RRF}_{il}^{\text{Eth}} = \text{RF}_{il}/\text{RF}_{\text{Eth},l} = \\ = (C_i^{\text{st}}/A_{il}^{\text{st}})/(\rho_{\text{Eth}}/A_{\text{st}}^{\text{Eth},l}), \quad (1)$$

где  $\text{RF}_i$  и  $\text{RF}_{\text{Eth}}$  — факторы отклика  $i$ -го летучего компонента и этанола, соответственно;  $C_i^{\text{st}}$  — концентрация  $i$ -го летучего компонента в стандартном растворе, выбранном для выполнения калибровки при  $l$ -ом объеме вводимой пробы, мг/л в пересчете на безводный этанол;  $A_i^{\text{st}}$  и  $A_{\text{st}}^{\text{Eth}}$  — величины откликов детектора, например, площади под пиком, на  $i$ -й анализируемый компонент и этанол в калибровочном растворе, соответственно, при  $l$ -ом объеме вводимой пробы, произвольные единицы;  $\rho_{\text{Eth}} = 789300$  — плотность этилового спирта, мг/л.

Площадь под пиком этанола на хроматограмме устанавливают аналогично другим летучим компонентам согласно устоявшимся аналитическим практикам.

Концентрации летучих примесей в испытуемом образце алкогольной продукции рассчитывают по следующей формуле:

$$C_{il}^{\text{sample}} = \text{RRF}_{il}^{\text{Eth}} \frac{A_{il}^{\text{sample}}}{A_{\text{Eth},l}^{\text{sample}}} \rho_{\text{Eth}}, \quad (2)$$

где  $A_i^{\text{sample}}$  и  $A_{\text{Eth}}^{\text{sample}}$  — величины откликов детектора на  $i$ -ый анализируемый компонент и этанол в испытуемом образце при  $l$ -ом объеме вводимой пробы.

Важно отметить, что получаемые величины концентраций имеют требуемую размерность мг/л в пересчете на безводный этанол.

Для определения калибровочных характеристик газового хроматографа можно воспользоваться готовыми аттестованными градуировочными смесями.

**Приготовление и измерение стандартных растворов.** Приготов-

ление водно-этанольных растворов выполняли гравиметрическим методом в соответствии с требованиями стандарта ASTM 4307 [12]. В качестве растворителя использовали водно-этанольную смесь (ВЭС) с содержанием этанола 40%. Приготовление ВЭС выполняли путем смешивания спирта этилового ректифицированного (96%об.) с деионизованной водой. Ректифицированный этиловый спирт высшей очистки был предоставлен ЗАО «Ликеро-водочный завод «Алгонь», деионизованная вода (ОАО «Интеграл»), все летучие компоненты (компания Merck) имели чистоту не ниже 99 %. Приготовление смесей выполняли путем внесения в ВЭС следующих веществ: ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол, 2-пропанол, 1-пропанол, 2-метил-1-пропанол (изобутанол), 1-бутанол, 3-метил-1-бутанол (изоамилол). Всего было приготовлено шесть стандартных растворов летучих компонентов с уровнями концентраций: 2, 10, 50, 200, 250 и 400 мг/л АА. Поскольку исходный спирт этиловый ректифицированный (96%об.), содержал примесные летучие компоненты (ацетальдегид, метанол, 2-пропанол и 1-пропанол), их содержание было учтено расчетно-экспериментальным методом при расчете паспортных значений концентраций летучих компонентов в приготовленных стандартных растворах.

Измерения стандартных растворов были выполнены на газовом хроматографе Хроматэк-Кристалл 5000 с пламенно-ионизационным детектором и дозатором автоматическим жидкостным ДАЗК-2М (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия). Использовали капиллярную колонку с полярной фазой CR-FFAP длиной 50 м, внутренним диаметром 0,32 мм и толщиной пленки неподвижной фазы 0,5 мкм (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия). Давление газа-носителя (азот) на входе в колонку составляло 77 кПа. Температурная программа: начальная изотерма при 77 °C в течение 6 мин, нагрев со скоростью 10 °C/мин до температуры 140 °C и поддержание изотермы в течение 3 мин. Объем вводимой пробы составлял 1,0 мкл. Коэффициент сброса пробы на входе в колонку составлял 1:15 для обеспечения удовлетворительного разделения пиков 2-пропанола и этанола. Хроматограммы приготовленных стандартных растворов приведены на рисунке.

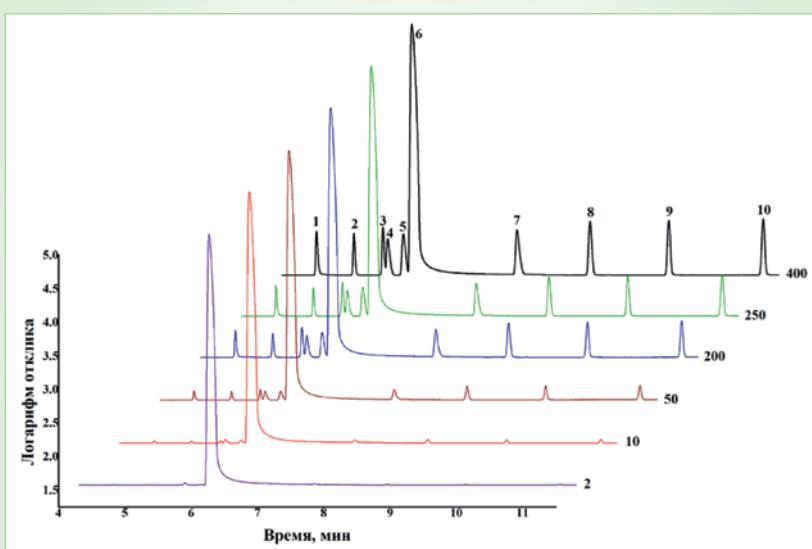
Все приготовленные стандартные растворы были измерены 8 раз, как в условиях повторяемости, так и при нескольких промежуточных условиях прецизионности с двумя изменяющимися факторами: время  $T$  (12 сут) и объем  $V$  вводимой пробы (0,6–0,8–1 мкл).

**Результаты и их обсуждение.** Определение относительных коэффициентов отклика проводили

по формуле (1) по результатам измерений раствора с уровнем концентраций летучих компонентов в 250 мг/л АА. Оценку метрологических характеристик метода выполняли согласно требованиям [13]. Экспериментально полученные данные были предварительно проверены на наличие статистических выбросов. Для этого использовали числовые методы — критерии Кохрена и Граббса.

Метрологические характеристики метода приведены в таблице. Анализ полученных результатов показал, что метод обладает высокой прецизионностью и точностью, характеризуется невысокими величинами расширенной неопределенности. Пределы количественного определения метода были определены по результатам измерения раствора с самым низким уровнем концентраций в 2 мг/л АА и составили от 0,2 до 0,4 мг/л АА. Даный факт свидетельствует о том, что метод позволяет определять минимальное содержание примесей в таких видах алкогольной продукции, как водка и спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья. Линейность метода была определена путем построения общепринятой для метода внутреннего стандарта линейной зависимости отношений откликов  $i$ -го анализируемого летучего компонента к этанолу к соответствующему отношению концентраций. Полученные коэффициенты аппроксимации  $R^2$  были не ниже 0,9996.

**Выводы.** Анализ результатов валидации инновационного метода «Этанол в качестве внутреннего стандарта» демонстрирует его высокие метрологические характеристики, такие как прецизионность, линейность, точность и предел количественного определения. В то же время, предложенный метод позволяет получать концентрации летучих примесей напрямую из газохроматографических измерений в законодательно требуемой размерности мг/л АА. Отсутствие необходимости определения объемного содержания этанола в испытуемом образце приводит к снижению трудовых и временных затрат. Важно отметить, что предложенный метод может быть валидирован на основании данных, регулярно получаемых испытательными лабораториями без использования каких-либо дополнительных реагентов, оборудования и без проведения дополнительных измерений. Высокая эффективность



Хроматограммы приготовленных стандартных растворов. Справа от хроматограммы указан порядок величин концентраций летучих примесей, мг/л АА:  
1 – ацетальдегид; 2 – метилацетат; 3 – этилацетат; 4 – метанол; 5 – 2-пропанол;  
6 – этанол; 7 – 1-пропанол; 8 – изобутанол; 9 – 1-бутанол; 10 – изоамилол

Метрологические характеристики метода						
Компонент	$\mu \pm u_{ref}$ , мг/л АА	$\bar{C}$ , мг/л АА	$r$ , %	$R_{(IV)}$ , %	$\Delta$ , %	$U_{max}$ , %
Ацетальдегид	414±6	404	1,1	1,8	-2,4	9,5
	183±4	184	1,2	1,6	0,8	
	47,8±1,0	45,9	2,3	2,6	-4,0	
	10,7±0,2	10,3	3,9	4,1	-3,6	
Метилацетат	427±6	426	1,8	1,8	-0,1	13,4
	182±4	180	1,5	2,5	-1,2	
	45,4±0,9	48,2	1,9	3,2	6,1	
	8,7±0,2	8,9	6,8	6,9	3,3	
Этилацетат	423±6	417	1,8	2,0	-1,3	6,9
	189±4	191	2,0	2,3	1,3	
	47,8±1,0	47,2	2,2	3,2	-1,3	
	9,4±0,2	9,5	5,9	6,0	0,4	
Метанол	424±6	420	1,1	1,2	-0,8	9,2
	198±4	199	1,4	1,5	0,7	
	59,8±1,2	60,1	2,0	2,5	0,4	
	22,6±0,5	23,3	2,6	5,6	3,2	
2-Пропанол	405±6	403	1,0	1,0	-0,7	8,0
	180±4	182	1,1	3,0	1,2	
	46,3±0,9	47,7	2,0	2,4	3,0	
1-Пропанол	418±6	414	3,8	4,2	-1,0	9,9
	186±4	185	2,8	2,8	-0,7	
	47,8±1,0	47,6	4,2	4,2	-1,5	
	9,7±0,2	10,1	5,9	6,5	3,3	
Изобутанол	431±6	428	4,0	4,2	-0,9	8,2
	190±4	192	3,2	3,6	0,8	
	48,8±1,0	49,3	4,1	4,5	1,0	
	10,7±0,2	10,6	7,2	8,6	-0,1	
1-Бутанол	417±6	416	5,4	5,9	-0,1	9,9
	185±4	186	4,0	5,0	0,9	
	47,2±0,9	47,9	7,0	8,2	1,5	
	9,2±0,2	9,6	6,4	6,5	3,5	
Изоамилол	414±6	412	3,8	6,3	-0,5	8,9
	183±4	184	5,2	5,9	0,5	
	46,9±1,0	47,7	6,4	8,4	1,7	
	9,3±0,2	9,5	4,3	6,8	1,8	

Примечание:  $\mu \pm u_{ref}$  – паспортная (приготовленная) величина концентрации в стандартном растворе;  $\bar{C}$  – среднее арифметическое значение концентрации, полученное по результатам газохроматографических измерений;  $r$  – предел повторяемости;  $R_{(IV)}$  – предел промежуточной прецизионности;  $\Delta$  – смещение;  $U_{max}$  – наибольшее значение расширенной неопределенности.

метода служит основанием для инициирования международных межлабораторных испытаний с целью последующего признания предложенного метода регулирующими органами в качестве референтного.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ТР ЕАЭС 047/2018. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности алкогольной продукции», 2018. – 129 с. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/551893590>.
2. ГОСТ 30536–2013. Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей. – Введ. 01.07.2014. – М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2013. – 21 с.
3. ГОСТ 33408–2015. Коньяки, дистилляты коньячные, бренди. Определение содержания альдегидов, эфиров и спиртов методом газовой хроматографии. – Введ. 01.08.2016. – Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. – 18 с.
4. ГОСТ 33834–2016. Продукция винодельческая и сырье для ее производства. Газохроматографический метод определения массовой концентрации летучих компонентов. – Введ. 01.04.2018. – Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. – 15 с.
5. СТБ ГОСТ Р 51698–2001. Водка и спирт этиловый. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей. – Введ. 30.05.2001. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2001. – 37 с.
6. ГОСТ Р 57893–2017. Продукты брожения и сырье для их производства. Газохроматографический метод определения концентрации летучих компонентов. – Введ. 02.10.2017. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2017. – 15 с.
7. ДСТУ 4222:2003. Водки, спирт этиловый и водно-спиртовые растворы. Газохроматографический метод определения содержания микрокомпонентов. – Введ. 14.10.2003. – Киев: Держспоживстандарт Украины, 2003. – 13 с.
8. ГОСТ 3639–79. Растворы водно-спиртовые. Методы определения концентрации этилового спирта. – Введ. 01.01.1982. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 11 с.
9. Charapitsa, S. V. Direct Determination of Volatile Compounds in Spirit Drinks by Gas Chromatography / S.V. Charapitsa, [et al.] //

- Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2013. — Vol. 61, № 12. — P. 2950–2956. DOI: <https://dx.doi.org/10.1021/jf3044956>.
10. EC 2870/2000. Community reference methods for the analysis of spirits drinks. — 04.12.2002. The commission of the European communities, 2002. — 47 p.
11. OIV-MA-BS-14:R2009. Compendium of international methods of analysis of spirituous beverages of viti-vinicultural origin. Determination of the principal volatile substances of spirit drinks of viti-vinicultural origin // International Organization of Vine and Wine (OIV). — 12 p. — URL: <http://www.oiv.int/public/medias/2674/oiv-ma-bs-14.pdf>.
12. ASTM D 4307–99. Практика подготовки жидкых смесей для использования в качестве аналитических стандартов. Американское общество по испытаниям и материалам, Филадельфия, Пенсильвания, США.
13. СТБ ИСО 5725. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений: Части 1–6. — Введ. — 01.07.2003. — Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2002.
- REFERENCES**
1. TR EAES 047/2018. Tehnicheskiy reglament Evraziyskogo ekonomiceskogo soyusa «O bezopasnosti alkogolnoy produktsii» [Customs regulation of EAEU 047/2018. On the safety of alcohol], 2018. 129 p. URL: <http://docs.cntd.ru/document/551893590>.
  2. GOST 30536–2013. Vodka i spirit etilovyj iz pishhevogo syrya. Gazoxromatograficheskij ekspress-metod opredeleniya soderzhaniya toksichnyx mikroprimesej [Vodka and ethyl alcohol from food raw materials. Gas chromatographic express method for determining the content of toxic microimpurities]. Moscow: Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, 2013. 12 p. URL: <http://www.oiv.int/public/medias/2674/oiv-ma-bs-14.pdf>.
  3. GOST 33408–2015. Konyaki, distillyaty konyachnyie, brendi. Opredelenie soderzhaniya aldegidov, efirov i spirtov metodom gazovoy hromatografii [Cognac, cognac distillates, brandy. Determination of aldehydes, esters and alcohols by gas chromatography]. Minsk: Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification, 2015. 18 p.
  4. GOST 33834–2016. Produkciya vinodelcheskaya i syre dlya ee proizvodstva. Gazoxromatograficheskij metod opredeleniya massovoj koncentracii letuchix komponentov [Wine production and raw materials for its production. Gas chromatographic method for determining the mass concentration of volatile components]. Minsk: Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification, 2016. 15 p.
  5. STB GOST R 51698–2001. Vodka i spirit etilovyj. Gazoxromatograficheskij ekspress-metod opredeleniya soderzhaniya toksichnyx mikroprimesej [Vodka and ethyl alcohol. Gas chromatographic express method for determining the content of toxic microimpurities]. Minsk: State Standard of the Republic of Belarus, 2001. 37 p.
  6. GOST R 57893–2017. Produkty brozheniya i syre dlya ix proizvodstva. Gazoxromatograficheskij metod opredeleniya koncentracii letuchix komponentov [Fermentation products and raw materials for their production. Gas chromatographic method for determining the concentration of volatile components]. Moscow: Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, 2017. 15 p.
  7. DSTU 4222:2003. Vodki, spirt etilovyj i vodno-spirtovye rastvory. Gazoxromatograficheskij metod opredeleniya soderzhaniya mikrokomponentov [Vodka, ethyl alcohol and water-alcohol solutions. Gas chromatographic method for determining the content of microcomponents]. Kiev: State Standard of Ukraine, 2003. 13 p.
  8. GOST 3639–79. Rastvory vodno-spirtovye. Metody opredeleniya koncentracii etilovogo spira [Water-alcohol solutions. Methods for determining the concentration of ethyl alcohol]. Moscow: State Standard of USSR, 1979. 11 p.
  9. Charapitsa SV, [et al.] Direct Determination of Volatile Compounds in Spirit Drinks by Gas Chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2013;61 (12):2950–2956. DOI: <https://dx.doi.org/10.1021/jf3044956>.
  10. EC 2870/2000. Community reference methods for the analysis of spirits drinks. 04.12.2002. The commission of the European communities, 2002. 47 p.
  11. OIV-MA-BS-14:R2009. Compendium of international methods of analysis of spirituous beverages of viti-vinicultural origin. Determination of the principal volatile substances of spirit drinks of viti-vinicultural origin // International Organization of Vine and Wine (OIV). 12 p. URL: <http://www.oiv.int/public/medias/2674/oiv-ma-bs-14.pdf>.
  12. ASTM D 4307–99. Practice for preparation of liquid blends for use as analytical standards. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA.
  13. STB ISO 5725, Chasti 1–6. Tochnost' (pravilnost' i precizionnost') metodov i rezul'tatov izmerenij [Accuracy (Trueness and Precision) of the methods and results of measurements]. Minsk: State Standard of the Republic of Belarus, 2002.

**Авторы**

Черепица Сергей Вячеславович, канд. физ.-мат. наук;  
 Сытова Светлана Николаевна, канд. физ.-мат. наук,  
 Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета,  
 220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Бобруйская, 11,  
 svcharapitsa@tut.by, s\_sytova@mail.ru  
 Егоров Владимир Владимирович, д-р хим. наук, профессор;  
 Лещев Сергей Михайлович, д-р хим. наук, профессор;  
 Корбан Антон Леонидович, аспирант;  
 Соболенко Лидия Николаевна, аспирант  
 Белорусский государственный университет,  
 220050, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ленинградская, 14,  
 egorvv@bsu.by, leschev.sergey54@gmail.com, karbonat7@gmail.com,  
 lidia.sobolenko@gmail.com  
 Милочкин Дмитрий Альбертович;  
 Устюгов Владимир Сергеевич;  
 Коробов Валерий Александрович;  
 Исмагилов Дмитрий Рамазанович, канд. хим. наук  
 ЗАО СКБ «Хроматэк»,  
 424000, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 94,  
 d.milochkin@chromatec.ru, v.ustugov@chromatec.ru,  
 v.korobov@chromatec.ru, d.ismagilov@chromatec.ru

**Authors**

Sergei V. Cherepitsa, Candidate of Physico-Mathematical Science;  
 Svetlana N. Sytova, Candidate of Physico-Mathematical Science  
 Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University,  
 11, Bobruiskaya str., Minsk, 220030, Republic of Belarus,  
 svcharapitsa@tut.by, s\_sytova@mail.ru  
 Vladimir V. Egorov, Doctor of Chemistry Science, Professor;  
 Sergei M. Leshchev, Doctor of Chemistry Science, Professor;  
 Anton L. Korban;  
 Lidiya N. Sobolenko  
 Belarusian State University,  
 4, Nezavisimosti avenue, Minsk, 220030, Republic of Belarus,  
 egorvv@bsu.by, leschev.sergey54@gmail.com, karbonat7@gmail.com,  
 lidia.sobolenko@gmail.com  
 Dmitrii A. Milochkin;  
 Vladimir S. Ustyugov;  
 Valerii A. Korobov;  
 Dmitrii R. Ismagilov, Candidate of Chemical Science  
 JSC CHROMATEC, Yoshkar-Ola,  
 94, Stroiteley str., Yoshkar-Ola, Mari El, 424000, Russia,  
 d.milochkin@chromatec.ru, v.ustugov@chromatec.ru,  
 v.korobov@chromatec.ru, d.ismagilov@chromatec.ru