

УДК 546.726:546.32/33

**РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОЦЕССА
И АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВА РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРОДУКТА
С ФЕРРАТОМ (VI) КАЛИЯ**

Ю.Б. Рылов^{1,2}, С.И. Дворецкий¹

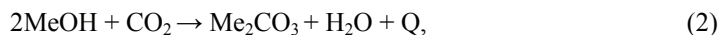
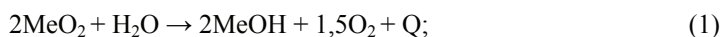
*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ» (1); topt@topt.tstu.ru;
ОАО «Корпорация «Росхимзащита» (2), г. Тамбов*

Ключевые слова и фразы: изолирующий дыхательный аппарат; надпероксид калия; реактор синтеза; регенеративный продукт; самораспространяющийся высокотемпературный синтез; технологический процесс; феррат (VI) калия.

Аннотация: Разработаны технологический процесс получения нового регенеративного продукта с ферратом калия и реактор синтеза феррата (VI) калия. Проведены испытания регенеративного продукта с ферратом (VI) калия в составе аппаратов СПИ-20 и ШСС-Т, которые могут использоваться для защиты органов дыхания человека в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

Введение

Регенеративные продукты на основе надпероксидов щелочных металлов остаются на сегодняшний день эффективным и доступным химическим материалом, способным обеспечивать работу изолирующих дыхательных аппаратов (самоспасателей). Использование продуктов для регенерации воздуха в патронах изолирующих дыхательных аппаратов (ИДА) основано на выделении ими кислорода при взаимодействии с водой и диоксидом углерода выдыхаемого человеком воздуха. Данный процесс описывается уравнениями следующих реакций:



где Me – щелочной металл.

При этом возникающие в процессе реакций условия (образование новых химических соединений, частичное плавление исходных компонентов и продуктов реакции вследствие экзотермического характера протекающих процессов и др.) часто приводят к изменению структуры транспортных пор продукта для регенерации воздуха, что в дальнейшем затрудняет диффузию паров воды и диоксида углерода в объем гранул продукта при регенерации воздуха. Это снижает степень отработки продукта при регенерации воздуха в патроне ИДА до 50–70 %, приво-

дит к увеличению аэродинамического сопротивления дыханию человека и росту массогабаритных характеристик ИДА.

Повышение эффективности работы регенеративного продукта и улучшение его эксплуатационных характеристик осуществляется как изменением конструкции регенеративного патрона, так и изменением химического состава самого продукта и формы его насадки [1, 2]. Задачей исследований являлось усовершенствование нового регенеративного продукта с улучшенными эксплуатационными характеристиками, имеющего высокую емкость по кислороду и диоксиду углерода и обеспечивающего равномерное поглощение углекислого газа и выделение кислорода при работе продукта в патроне ИДА. Для улучшения условий диффузии паров воды и диоксида углерода к центру гранул продукта при регенерации воздуха в процессе работы ИДА в состав продукта вводят различные структурообразующие добавки и катализаторы.

В качестве таких добавок предлагается использовать феррат (VI) щелочного металла, полученный методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [3–5].

Экспериментальная часть

В технологическом процессе получения регенеративного продукта предлагается использовать реактор синтеза ферратов (VI) щелочных металлов, схема которого представлена на рис. 1.

Объем загрузки шихты в реактор 9,6 дм³. Производительность реактора, кг: по K_2FeO_4 – 13,5 ; Na_4FeO_5 – 15,7.

Реактор представляет собой цилиндрический корпус 2 со съемной крышкой 5, соединенные фланцами 11. На днище 12 расположен опорный стакан 1, в который устанавливается перфорированный стакан 3 с шихтой 4.

Реактор синтеза снабжен системой фильтров 6 для очистки отходящих газов. В крышке расположен узел иницирования СВС, представляющий собой электровоспламенитель (ЭВ) 8, на который подается ток 1 А при напряжении 4 В в течение нескольких миллисекунд. Образующийся форс огня попадает на пусковую таблетку 10, находящуюся в слое шихты.

Для иницирования пусковой таблетки можно использовать капсульный воспламенитель ударного действия. Пусковая таблетка в свою очередь инициирует процесс СВС. Разогрев шихты до 500 °С осуществляется электронагревателем.

Крышка снабжена штуцером выхода реакционных газов 7, необходимым для удаления образующегося углекислого газа и безопасного ведения процесса СВС и предохранительным клапаном 9, рассчитанным на превышение давления выше 6 кгс/см².

С целью увеличения производительности целесообразно использовать установку синтеза, имеющую общий блок управления, общий коллектор сбора газов и фильтр.

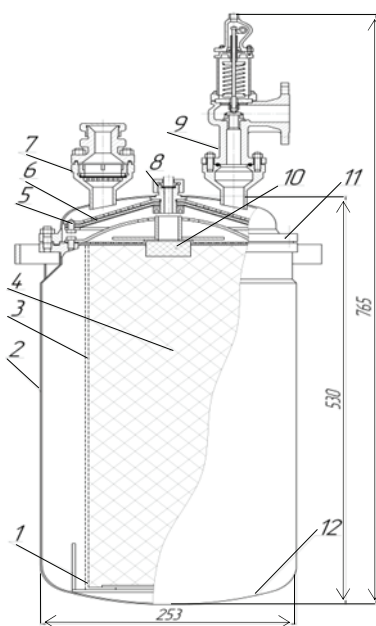


Рис. 1. Реактор синтеза ферратов (VI) щелочных металлов

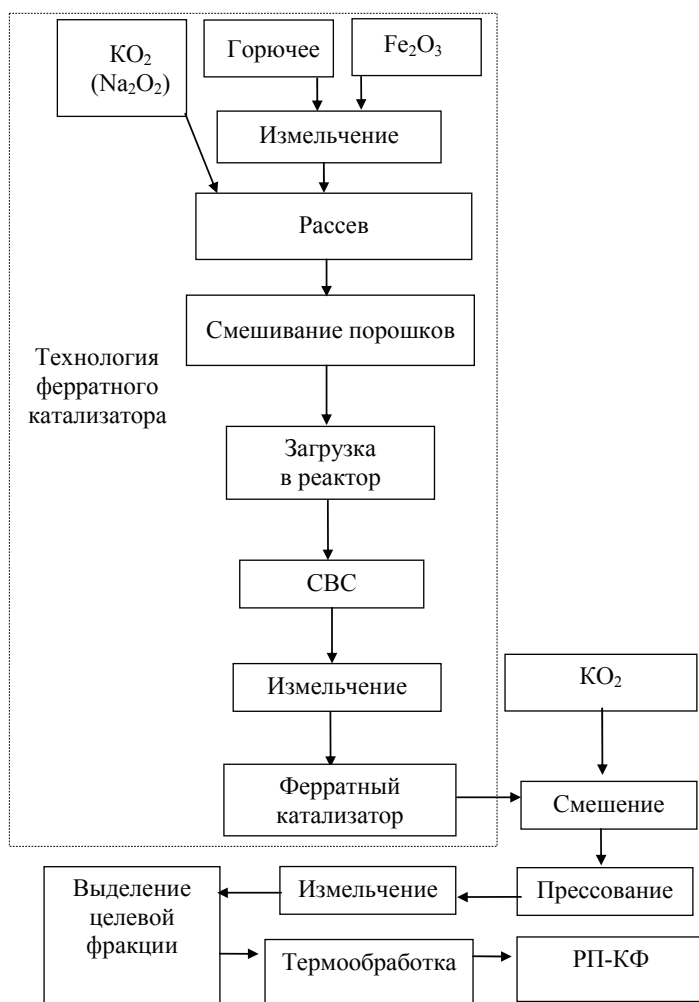


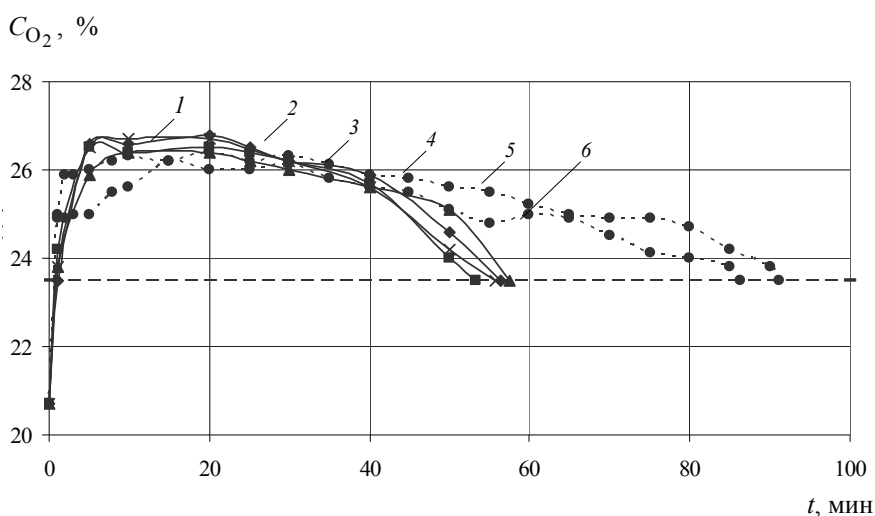
Рис. 2. Технологическая схема производства продукта РП-КФ

Эскизная схема технологического процесса получения регенеративного продукта с ферратным катализатором (РП-КФ) представлена на рис. 2.

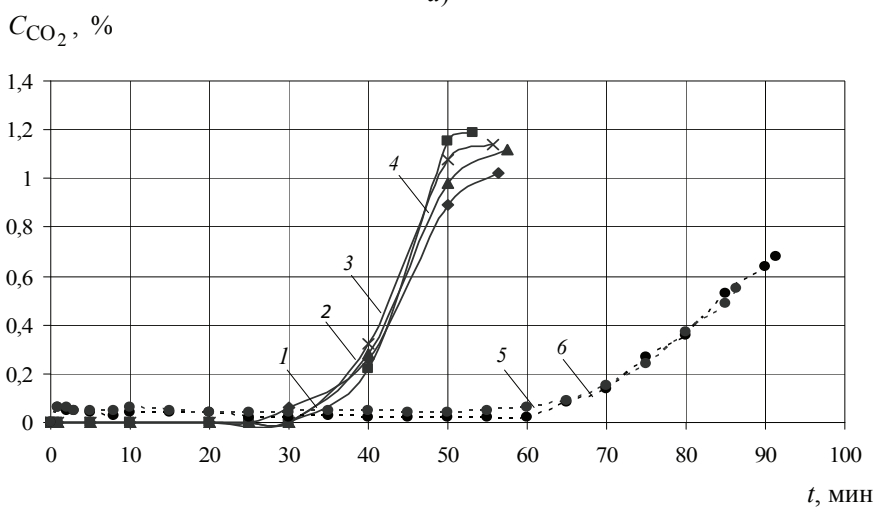
Синтезированный феррат (VI) калия предварительно измельчали в шаровой мельнице и просеивали через сито до целевой фракции менее 1 мм. Исходные компоненты (надпероксид калия и феррат (VI) калия) перемешивали в барабанном смесителе до получения однородной шихты в течение 30 мин.

Полученную шихту формовали в таблетки, затем измельчали на просеивающей дробилке до целевой фракции. Рассев регенеративного продукта осуществляется на грохоте с размером сит 2,0...6,5 мм. Полученный РП-КФ подвергали термообработке при температуре (100 ± 10) °С в течение 4–6 ч.

Первую серию испытаний продукта РП-КФ проводили в динамической трубке диаметром 39 мм с постоянной подачей газовой смеси с концентрацией CO_2 4%. Анализ результатов испытаний регенеративного продукта с ферратом (VI) показал, что время работы в динамической трубке по кислороду и диоксиду углерода заметно превышает время работы серийного продукта ОКЧ-3М (в среднем на 40–50%) (рис. 3).



a)



б)

**Рис. 3. Зависимости концентрации кислорода (а), диоксида углерода (б) от времени работы регенеративных продуктов ОКЧ-3М без катализатора и с ферратным катализатором РП-КФ:
1–4 – ОКЧ-3М; 5, 6 – РП-КФ**

Далее проводились испытания регенеративного продукта РП-КФ в составе изделий СПИ-20, ШСС-Т. Были снаряжены два патрона для самоспасателя СПИ-20. В патрон засыпалось 328 и 330 г регенеративного продукта, что соответствует стандартной засыпки продукта ОКЧ-3М, и по методу МИ 038-0587954–96 на установке «Искусственные легкие» проводились испытания в режиме средней физической нагрузки при следующих параметрах: легочная вентиляция (30 ± 1) $\text{дм}^3/\text{мин}$; объемная подача CO_2 $(1 \pm 0,03)$ л/мин; частота дыхания $(20 \pm 0,5)$ мин^{-1} . Результаты испытаний представлены на рис. 4.

При испытании первого изделия РП-КФ (1) наблюдался резкий рост температуры на вдохе, что возможно было связано с отсутствием в аппарате теплообменника. При этом отмечалась высокая поглотительная способность продукта РП-КФ по CO_2 . За время работы аппарата концентрация CO_2 на вдохе не превы-

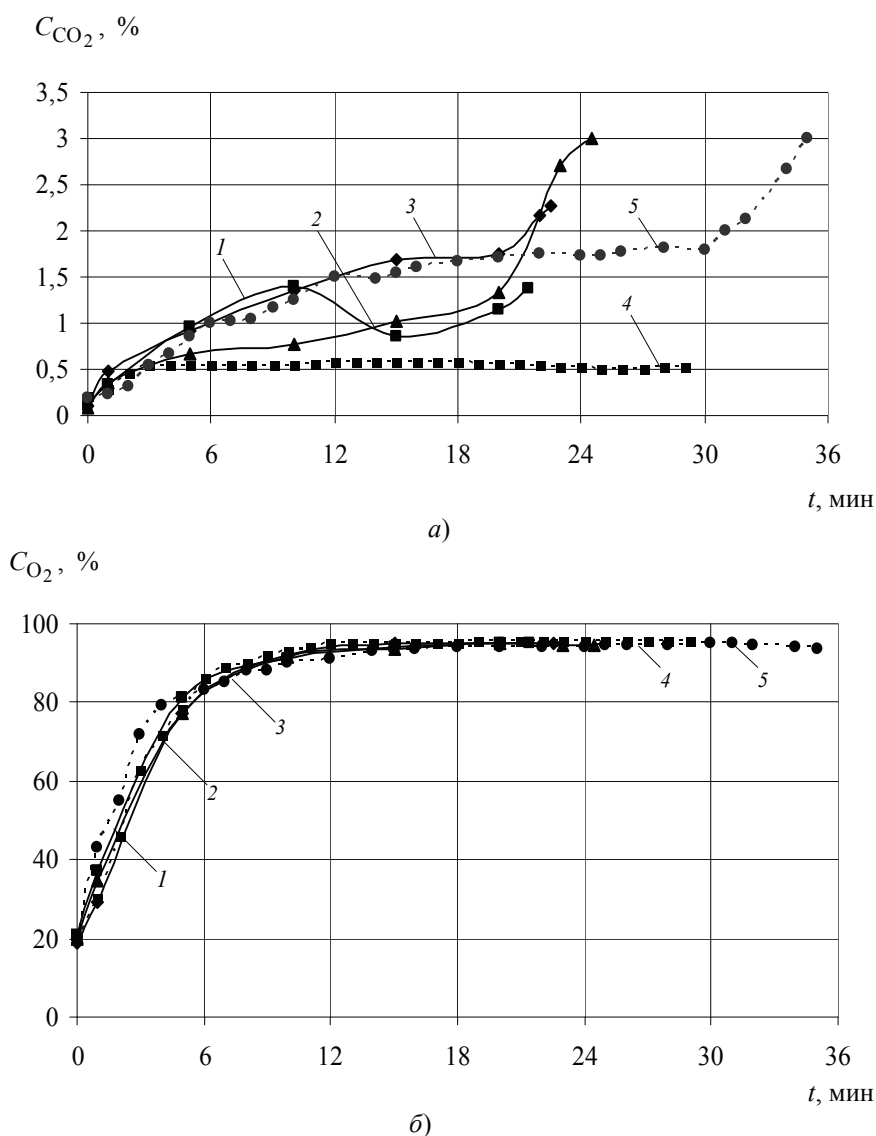


Рис. 4. Сравнительная характеристика работы регенеративных продуктов по CO_2 (а), по кислороду (б) в аппарате СПИ-20:
 1 – 3 – ОКЧ-3М; 4 – РП-КФ (1); 5 – РП-КФ (2)

сила 0,6 %. Сопротивление при работе изделия в течение первых 22 мин не превышало допустимого значения и в течение последующих 5 мин не превышало 90 мм вод. ст.

Испытание второго изделия РП-КФ (2) показало, что конструктивное применение теплообменника позволяет снизить температуру на входе до предельно допустимой температуры 45 °С, которая была достигнута на 30 минуте. Сопротивление 70 мм вод. ст. на входе и выдохе было достигнуто на 28 минуте, а 90 мм вод. ст. на 31 минуте. Испытание заканчивалось при достижении предельно допустимой концентрации CO_2 на входе, равной 3 %.

Самоспасатель ШСС-Т был снаряжен продуктом РП-КФ в количестве 850 г, что соответствует стандартной засыпки продукта ОКЧ-3М, и по методу МИ 038-0587954–96 на установке «Искусственные легкие» были проведены испытания в

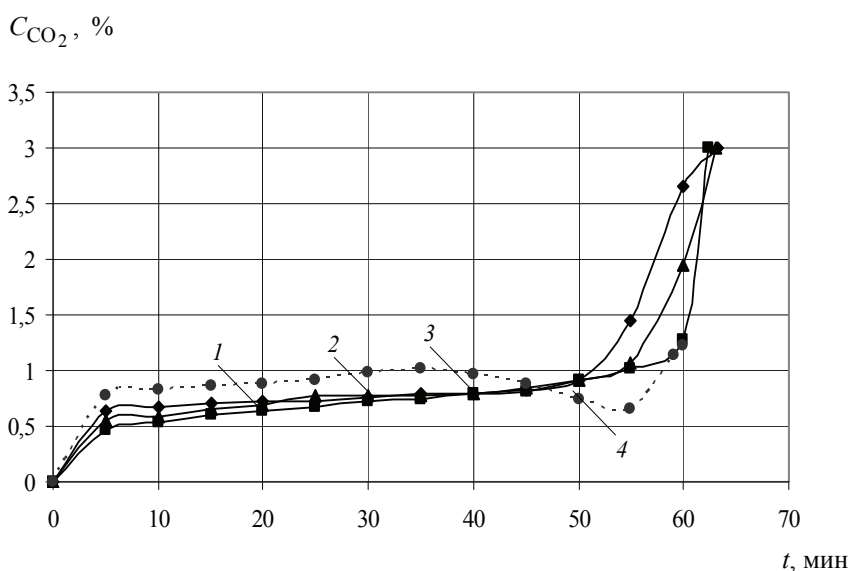


Рис. 5. Сравнительная характеристика работы регенеративных продуктов в аппарате ШСС-Т:
1–3 – ОКЧ-3М; 4 – РП-КФ по CO_2

режиме средней физической нагрузки при следующих параметрах: легочная вентиляция (35 ± 1) $дм^3/мин$; объемная подача CO_2 $(1,4 \pm 0,06)$ л/мин; частота дыхания (20 ± 1) $мин^{-1}$. Результаты испытаний представлены на рис. 5.

При испытании изделия ШСС-Т было отмечено, что в процессе работы продукт РП-КФ интенсивно адсорбировал CO_2 , при этом концентрация на входе не превышала значения 1,23 %, а температура $55^\circ C$ на входе была достигнута на 55 минуте испытания.

Проведенные испытания показали, что сопротивление на входе/выходе в процессе работы было ниже, чем у серийных изделий, снаряженных продуктом ОКЧ-3М. Однако, начиная с 55 минуты, сопротивление резко возрастало. Предельно допустимое сопротивление 120 мм вод. ст. достиглось на 59 минуте, что возможно связано с оплавлением регенеративного продукта при работе. При этом температура на входе в первые 40 минут работы регенеративного продукта оказалась ниже, чем у серийных продуктов, используемых в ШСС-Т.

Заключение

В ходе проведенных исследований разработан технологический процесс изготовления нового регенеративного продукта с ферратом (VI) калия и реактор синтеза ферратов (VI) щелочных металлов. Проведены испытания продукта РП-КФ в составе серийных изделий СПИ-20, ШСС-Т. Результаты испытаний показали перспективу дальнейших исследований с целью замены серийных регенеративных продуктов в изделиях на продукт РП-КФ с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Список литературы

1. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования : учеб. пособие / С.В. Гудков [и др.]. – М. : Машиностроение, 2008. – 188 с.

2. Регенеративные продукты нового поколения: технология и аппаратурное оформление : монография / Н.Ф. Гладышев [и др.]. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 156 с.

3. Пат. 2371392 Российская Федерация, МПК С01G 49/00. Способ получения феррата (VI) калия / Ульянова М.А., Андреев В.П., Ферапонтов Ю.А., Рылов Ю.Б. ; заявитель и патентообладатель ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2008105376/15 ; заявл. 12.02.2008 ; опубл. 27.10.2009, Бюл. № 4. – 4 с.

4. Пат. 2356842 Российская Федерация, МПК С01G 49/00. Способ получения феррата (VI) натрия / Андреев В.П., Рылов Ю.Б., Ульянова М.А., Ферапонтов Ю.А. ; заявитель ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2007130581 ; заявл. 09.08.2007 ; опубл. 20.02.2009, Бюл. № 5. – 7 с.

5. Исследование морфологии ферратов (VI) щелочных металлов, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / Ю.Б. Рылов [и др.] // Изв. высш. учеб. заведений. Северо-Кавк. регион. Техн. науки. – 2011. – № 2 – С. 32–38.

Designing Energy-Saving Process, Instruments and Technology for Regenerative Product with Potassium Ferrate (VI)

Yu.B. Rylov^{1,2}, S.I. Dvoretzky¹

*Department “Technologies of Foodstuffs”, TSTU (1);
topt@topt.tstu.ru;*

Joint Stock Company “Corporation Roskhimzashchita” (2), Tambov

Key words and phrases: engineering process; non-conducting respiratory apparatus; potassium ferrate (VI); potassium superperoxide; regenerative product; self-propagating high-temperature synthesis; synthesis reactor.

Abstract: The engineering process for obtaining new regenerative product with potassium ferrate (VI) and the synthesis reactor of potassium ferrate (VI) have been designed. The testing of regenerative product with potassium ferrate (VI) as part of SPI-20 and SHSS-T apparatuses has been done; these devices can be used for protecting human respiratory organs in emergency situations of anthropogenic and natural disasters.

Entwicklung des energiesparenden Prozesses und der apparaturtechnologischen Gestaltung der Produktion des regenerativen Produktes mit dem Kaliumferrat (VI)

Zusammenfassung: Es sind den technologischen Prozess des Erhaltens des neuen regenerativen Produktes mit dem Kaliumferrat und den Reaktor der Synthese des Kaliumferrates (VI) entwickelt. Es sind die Prüfungen des regenerativen Produktes mit dem Kaliumferrat (VI) in den Apparaten SPI-20 und SHSS-T, die für den Schutz der Atmungsorgane des Menschen unter den Bedingungen des Entstehens der Notstandssituationen des technogenen und natürlichen Charakters verwendet werden können, durchgeführt.

**Élaboration du processus de l'économie de l'énergie
et la forme technologique de la production du produit régénérateur
avec la ferrate (VI) du potassium**

Résumé: Est élaboré le processus technologique pour l'obtention du nouveau produit régénérateur avec la ferrate du potassium et le réacteur de la synthèse de la ferrate (VI) du potassium. Sont cités les essais du produit régénérateur avec la ferrate (VI) du potassium dans la composition des appareils SPI-20 et SHSS-T qui peuvent être utilisés pour la protection des organes de la respiration de l'homme dans les conditions de l'apparition des situations extraordinaires du caractère technogène et naturel.

Авторы: *Рылов Юрий Борисович* – аспирант кафедры «Технологии продовольственных продуктов», научный сотрудник ОАО «Корпорация «Росхимзащита»; *Дворецкий Станислав Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии продовольственных продуктов», проректор по научно-инновационной деятельности, ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Гатапова Наталья Цибиковна* – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Технологические процессы и аппараты», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
