

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева

УСПЕХИ В СПЕЦИАЛЬНОЙ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**Всероссийская научно-техническая конференция,
посвященная 90-летию
Инженерного химико-технологического факультета
РХТУ им. Д. И. Менделеева,
120-летию профессора К. К. Андреева,
130-летию профессора А. С. Бакаева**

Москва, РХТУ им. Д. И. Менделеева
24–25 апреля 2025 года

Материалы конференции

Москва, 2025

УДК 544+547+622+614

ББК 35.63

У78

Рецензенты:

Доктор химических наук, профессор, декан ИХТ факультета
Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева
Синдицкий В. П.

Доктор химических наук, руководитель группы 20
Института органической химии имени Н. Д. Зелинского РАН
Шереметев А. Б.

Успехи в специальной химии и химической технологии:
У78 Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная
90-летию Инженерного химико-технологического факультета РХТУ
им. Д. И. Менделеева, 120-летию профессора К. К. Андреева, 130-ле-
тию профессора А. С. Бакаева. Материалы конференции. – М. : РХТУ
им. Д. И. Менделеева, 2025. – 360 с.
ISBN 978-5-7237-2188-3

Сборник содержит материалы докладов, представленных на Всероссийской научно-технической конференции «Успехи в специальной химии и химической технологии». Основными проблемно-тематическими направлениями работы конференции стали: Синтез, свойства, технология и химическая физика энергонасыщенных материалов и их компонентов, Физическая химия и технология порохов, ТРТ и пиротехнических композиций, Пожаровзрывобезопасность химико-технологических производств.

Сборник представляет интерес для научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

УДК 544+547+622+614

ББК 35.63

Организационный комитет конференции:

Синдицкий В. П. – декан ИХТ факультета,
заведующий кафедрой ХТОСА, д.х.н., профессор
Петров В. А. – заведующий кафедрой ХТВМС, д.т.н., профессор
Акинин Н. И. – заведующий кафедрой ТСБ, д.т.н., профессор
Денисюк А. П. – профессор кафедры ХТВМС, д.т.н., академик РАН
Серушкин В. П. – профессор кафедры ХТОСА, к.т.н.
Сизов В. А. – доцент кафедры ХТВМС, к.т.н.
Беляков А. В. – доцент кафедры ХТВМС, к.т.н.
Шушпанов А. Н. – доцент кафедры ТСБ, к.т.н.
Чернецкая М. Д. – доцент кафедры ТСБ, к.т.н.

ISBN 978-5-7237-2188-3

© Российский химико-технологический
университет им. Д. И. Менделеева, 2025

<i>Алимов А.Р., Петров В.А., Гибадуллин М.Р., Мадыкин В.Ф.</i> СТРУКТУРА НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ ВАКУУМ-ИМПУЛЬСНОМ НИТРОВАНИИ	253
<i>Певченко Б.В., Петров Е.А., Лайлов С.В., Кузнецов А.В., Шакирзянов К.А.</i> ПРОИЗВОДСТВО НИТРОЭФИРОВ И ВЫСОКОПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ВВ	257
<i>Свиридов А. Ф., Нугманов О. К., Петров В.А.</i> ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ	259
<i>Черникова И.В., Воронов А.А., Жуков И.О., Пчелинцев К.А., Джеваков П.Б., Кувалдин Я.Н.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИФЕНИЛАМИНА, N-НИТРОЗОДИФЕНИЛАМИНА И 1,2-ДИБУТОКСИБЕНЗОЛА В КАЧЕСТВЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ НИТРОЭФИРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО И ЭКС НА ЕГО ОСНОВЕ	263
СЕКЦИЯ 4 – ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	266
<i>Павловец Г.Я., Мелешко В.Ю., Златкина В.Л., Семёнов М.С., Михайлов А.А.</i> НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРЮЧИХ И ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ	266
<i>Заломленков В.А., Галимова Г.А., Тюгашова В.М., Сафронова А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА НАЛИЧИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВЗРЫВЧАТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ	270
<i>Дмитриев Н.В., Акинин Н.И., Журба И.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К УДАРУ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ	273
<i>Васин А.Я., Миловидов П.Д., Махалова Д.М.</i> ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ НЕКОТОРЫХ НОВЫХ СУБСТАНЦИЙ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ	277
<i>До Тхань Хынг, Шушпанов А.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН СНИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА ГЛИЦЕРИНА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОБОРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ВЬЕТНАМ	281
<i>Райкова В.М., Шикотько М.А., Шушпанов А.Н.</i> АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПЕРОКСИДОВ РАЗЛИЧНОГО СТРОЕНИЯ	286
<i>Шушпанов А.Н., Васин А.Я., Солодухин Е.С.</i> ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ РЯДА НАФТОХИНОНДИАЗИДОВ	290
<i>Панфилов С.Ю., Терентьева А.А., Михеев Д.И., Мельников Н.О.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТОНАЦИИ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ	295
<i>Панфилов С.Ю., Мельников Н.О., Терентьева А.А., Акинин Н.И.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ	298
<i>Давидова А.А., Колесова В.Ю., Монахов А.А., Мельников Н.О.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИПИРЕНОВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ	301

УДК 661.188.1+621.796

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН СНИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА ГЛИЦЕРИНА,
ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОБОРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ВЬЕТНАМ**

До Тхань Хынг¹, Шушпанов А.Н.²

¹ Научно-исследовательский институт высокоэнергетических материалов, Ханой, Вьетнам ²
ФГБОУ ВО Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

Аннотация: Ряд предприятий оборонной промышленности Социалистической Республики Вьетнам столкнулся с низкой стабильностью нитроглицерина, получаемого в классическом производственном процессе. В процессе исследования было установлено, что основная причина – снижение качества исходного сырья, глицерина. Отмечено отсутствие регламентов хранения, технических условий и правил приемки сырья, равно как и единых методик контроля качества в Республике Вьетнам. Приведены рекомендации по основным показателям качества глицерина, на которые следует обращать внимание в первую очередь.

Ключевые слова: глицерин, нитроглицерин, акролеин, регламент хранения

**RESEARCH ON THE REASONS FOR THE DECREASE IN QUALITY
OF GLYCERIN USED BY THE DEFENCE INDUSTRY OF THE SOCIALIST
REPUBLIC OF VIETNAM**

Do Thanh Hung¹, Shushpanov A.N.²

¹ High Energy Materials Research Institute, Hanoi, Vietnam

² D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology

Abstract: A number of defense industry enterprises in the Socialist Republic of Vietnam have encountered low stability of nitroglycerin obtained in the classical production process. The study found that the main reason is the decrease in the quality of the original raw material, glycerin. It was noted that there are no storage regulations, technical conditions and rules for the acceptance of raw materials, as well as unified quality control methods in the Republic of Vietnam. Recommendations are given on the main indicators of glycerin quality, which should be paid attention to first of all.

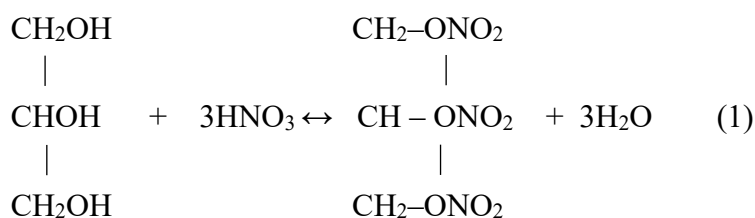
Keywords: glycerin, nitroglycerin, acrolein, storage regulations

Глицерин – органическое вещество, простой представитель трехатомных спиртов с формулой $C_3H_5(OH)_3$ (рис. 1), широко используемый не только в медицине, сельском хозяйстве, текстильной, кожевенной, бумажной и косметической промышленности, но также и в оборонной промышленности в качестве одного из основных ингредиентов при производстве нитроглицерина (НГЦ), используемого в бездымных порохах или взрывчатых веществах [1]. Для производственных предприятий Юго-Восточной Азии данное сырье в основном импортируется [2], и Республика Вьетнам в этом не является исключением, регулярно получая партии глицерина, который затем хранится на складах, откуда поступает в производственный цикл при появлении заказа на производство.

В 2024 году в процессе производства НГЦ на предприятиях оборонной промышленности Республики Вьетнам был использован глицерин аналитически надлежащей кондиции, но с трудом устанавливаемых и достаточно длительных сроков хранения (6 лет и более). В процессе было обнаружено, что и произведенный НГЦ, и бездымные пороха на его основе обладали низкой кондицией, в частности, были химически нестабильны, что могло привести к разнообразным инцидентам в области безопасности. Предприятиями и контролирующими их правительственными структурами были предприняты многочисленные меры по поиску причин и решений для их устранения и обеспечения должного качества продукции на производствах.

Анализ процесса производства НГЦ

Реакция создания НГЦ осуществляется путем реакции глицерина с азотной кислотой HNO_3 в присутствии дегидратирующего агента (например, серной кислоты H_2SO_4) с образованием НГЦ и воды (уравнение 1). Это один из самых опасных процессов в химической технологии.



В промышленности производство НГЦ осуществляется по инжекторной технологии, по которой в реакционный сосуд непрерывно подаются смесь глицерина и азотной кислоты. Постреакционная смесь последовательно поступает в теплообменники-чиллеры, в которых она охлаждается до 15–18 °С. После охлаждения постреакционная смесь поступает в центрифугу, где НГЦ отделяется от кислотной отработки. Далее НГЦ транспортируется на стадию промывки в виде водной эмульсии. НГЦ, выходящий из промывных колонн, должен

достичь определенной химической стабильности, выдержать т. н. пробу Абея при 72,75 °С в течение 30 или более мин., после чего он может быть передан на хранение.

Производства начали сталкиваться с проблемой значительного снижения стабильности НГЦ после промывки, образцы достигали, но практически не переходили норматив на пробе Абея в 30 мин., а ряд образцов в принципе не достигал его, показывая разложение в пределах 20–29 мин. Была проведена экспертиза соответствия сырья – глицерина, включающая в себя как химический анализ, так и проверку документации. Было установлено, что партия глицерина, запущенная в производство, в принципе имеет высокую степень чистоты ($\geq 99,5\%$), что отвечает требованиям, предъявляемым к производству НГЦ, однако информация о сроках производства и сроках годности отсутствовала. Единственной доступной информацией стали даты импорта, установленные из соответствующей документации, и по ним глицерин хранился 6 лет и более. Гарантийный срок хранения глицерина по нормативным данным [4] составляет 5 лет, но в Республике Вьетнам нет аналогичного документа.

Возникло предположение, что причина снижения химической стабильности НГЦ может быть связана с исходным глицерином, хотя результаты лабораторного анализа и вводного контроля на линии нитрования убедительно показывали, что глицерин полностью соответствует требованиям. Для проверки на ряде предприятий заменили глицерин новым, импортированным из Малайзии, химическая чистота которого составляла 99,7% и более, время же от его выпуска до ввода в производство было не более 9 месяцев. Приступили к производству НГЦ в том же технологическом режиме одновременно для двух видов глицерина: нового типа, импортируемого из Малайзии, и старого типа. Результаты пробы Абея показали, что стабильность НГЦ, полученного из вновь импортированного глицерина, достигала стабильности в 35–37 мин., тогда как НГЦ, полученный из старого глицерина, не выдерживал пробы, начиная разлагаться во временном интервале в 20–22 мин.

Анализ причин падения стабильности НГЦ

На основании вышеизложенного вполне логично видится задача выяснения причин, приводящих к ухудшению качества глицерина. Был выполнен пробоотбор глицерина на предприятиях, были взяты изначальные образцы глицерина, НГЦ из которых обладал пониженной стабильностью (М1), новые образцы производства Малайзии, НГЦ из которых успешно проходил пробу Абея без явной дегградации (М2), кроме того, в качестве образца сравнения был использован образец химически чистого глицерина производства компании Merck (М3). В результате анализа доступной нормативной документации, а именно регламентов производств во Вьетнаме, северокорейского процесса тестирования глицерина и российской нормативной документации было установлено, что в нормативах описаны как общие, так и уникальные для каждого из нормативов показатели, в том числе имеются значительные различия в методиках. В конечном итоге было решено составить список показателей и анализировать их комплексно. Результаты представлены в табл. 1.

По результатам анализа было определено, что показатели для ряда образцов глицерина находятся в пределах допустимых значений, но образцы группы М1 стали вызывать подозрения уже на стадии определения коэффициента реакции с КОН и зольности.

с образованием газообразного NO₂ характерного красно-бурого цвета. Процесс удалось воспроизвести в лаборатории, были задействованы два образца глицерина – М1 и М3. Образец НГЦ из старого глицерина после приготовления изменил цвет и на желтый-коричневый и испускал небольшое количество бурых паров, в то время как НГЦ из образца М3 оставался бесцветным и вполне стабильным.

Заключение

На основе результатов исследований и аргументов, изложенных выше, авторы предлагают ряд показателей качества глицерина, используемого для производства НГЦ на предприятиях оборонной промышленности Социалистической Республики Вьетнам (табл. 2).

Таблица 2

Предлагаемые показатели качества глицерина

Показатель	Размерность, способ определения	Значение
Прозрачность	платиново-кобальтовая шкала	прозрачный
Запах	органолептически	без резких запахов
Плотность при 20 °С	г/мл	≥ 1,261
Коэфф. реакции	0,1 моль/л КОН, см ³	≤ 1,5
Масс. доля золы	%	≤ 0,14
Масс. доля чистого глицерина (в пересчете на плотность)	%	≥ 99
Коэфф. омыления	КОН, мг	≤ 0,7
Наличие акролеина и других восстановителей	качественно, да/нет	нет
Срок хранения	год	< 5

Авторы считают, что Республике Вьетнам необходимо разработать собственную нормативную документацию в области технических условий производства и хранения веществ, являющихся полупродуктами в критических производственных процессах.

Список литературы

1. Ngô V.G. Tính chất nhiên liệu tên lửa và thuốc phóng. Hà Nội: Nhà xuất bản Quân đội, 2005. Нго Ван Зяо Свойства топлива и ракетного топлива. Ханой: Издательство Народной армии, 2005.
2. Glycerol, crude; glycerol waters, glycerol lyes | Импорт и Экспорт | 2023 URL: https://trendeconomy.ru/data/commodity_h2/1520 (дата обращения: 23.02.2025)
3. ГОСТ 7482-2023 Глицерин. Правила приемки и методы испытаний. 2023.
4. ГОСТ 6824-96 Глицерин дистиллированный. Технические условия. 1996.
5. Алферов К.Д. Взрывчатые вещества. Часть 2. Иницирующие и бризантные ВВ. – Пенза: Пензенское высшее артиллерийское инженерное ордена Красной Звезды училище, 1965. – 187 с.