



РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ СЛАБОЙ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ЕКАТЕРИНБУРГА В СЯМЫНЬ (КИТАЙ)

А. Н. Шадрин, С. В. Уголков

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье рассмотрены основные аспекты перевозки слабой азотной кислоты из Екатеринбурга в Китай. Даются общие сведения о слабой азотной кислоте как вида груза. Приводятся характеристики возможных для перевозки видов транспорта и транспортных средств. Описываются технология перевозки азотной кислоты и погрузочно-выгрузочных работ.

Ключевые слова: танк контейнер, контрейлерные перевозки, цистерна, кислота, мониторинг, логистические технологии, полуприцеп, документооборот, седельный тягач, роллер, платформа.

Для цитирования:

Шадрин, А. Н. Разработка предложений по организации перевозки слабой азотной кислоты из Екатеринбурга в Сямынь (Китай) / А. Н. Шадрин, С. В. Уголков // Системный анализ и логистика. – 2025. – № 2(45). – с. 80-90. DOI: 10.31799/2077-5687-2025-2-80-90.

Введение

Азотная кислота является важнейшим компонентом развития агропромышленных комплексов во всем мире, поскольку она позволяет получить азотные и комбинированные удобрения для обработки сельскохозяйственных угодий, что приводит к обеспечению человечества широким спектром пищевой растительной продукции [1].

Помимо этого, азотная кислота незаменима в снятии коррозионных покрытий с металлических поверхностей, при травлении печатных плат и в производстве разного рода пластмасс [2].

Общие сведения о слабой азотной кислоте и ее транспортные характеристики

Азотная кислота – это химическое вещество в виде слегка желтоватой, прозрачной жидкости с характерными удушающим запахом. Плотность слабой азотной кислоты варьируется от 1,35 до 1,4 г/см³ в зависимости от массовой доли исходной кислоты при температуре 20°C. Молекула этого реактива – HNO₃, она состоит из иона водорода H⁺ и нитратной группы NO₃⁻. Благодаря нитрат-иону данное химическое соединение проявляет сильные окислительные свойства, взаимодействуя с широким спектром веществ.

Перевозка и содержание слабой азотной кислоты возможны только при температуре воздуха до +40°C. При соблюдении данных условий кислота во время транспортировки не сможет воспламениться [1].

Номер ООН 2031, транспортное наименование «КИСЛОТА АЗОТНАЯ КРАСНАЯ ДЫМЯЩАЯ», класс 8, классификационный шифр 8012, классификационный код CO1 (коррозионные окисляющие вещества), код опасности – 80, аварийная карточка № 802 [3]. Высший сорт слабой азотной кислоты имеет массовую долю азотной кислоты не менее 57% в растворе.

Оксиды азота являются серьезными атмосферными загрязнителями в связи с их высокой токсичностью. При тепловом и химическом разложении выделяются токсические вещества. Попадание в сточные воды или водоприемники в нейтрализованном виде недопустимо [4].

Определение видов транспорта и транспортных средств

Перевозка автомобильным транспортом данного вида опасного груза регламентируется следующими нормативными актами: Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов от 30.09.1957 г. (ДОПОГ) [5], Правила транспортировки грузов автомобилями от 21 декабря 2020 г. N 2200 [6], Правила обеспечения безопасности перевозок,



утвержденные приказом Минтранса России от 30.04.2021 N 145 [7], а также Приказ Министерства транспорта РФ от 11.04.2022 г. № 127 «Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки опасных грузов» [8].

Неконцентрированную азотную кислоту перевозят автомобильным транспортом в бочках (емкостях), полиэтиленовых канистрах, стеклянных бутылках, помещенных в полиэтиленовые барабаны или ящики, в крытых контейнерах. В основном используются автоцистерны или плотно закрывающиеся сосуды из нержавеющей стали. При этом не менее 10% объема цистерны должны остаться незаполненными в виду свойства азотной кислоты расширяться при нагреве.

Автотранспортное средство снабжается особым комплектом для перевозки опасных грузов, куда входят: противооткатный башмак, предупреждающие знаки с опорой, аварийные жилеты, защитные перчатки и очки для каждого члена экипажа, лопата, сборный контейнер и фонарик.

Также транспортировка опасного груза сопровождается специальными информационными табличками и знаками опасности, которые наносятся на емкость, рис.1. [9].



Рис. 1. Маркировка цистерны при перевозке слабой азотной кислоты [9]

Для перевозки данной химической жидкости был выбран полуприцеп-цистерна из нержавеющей стали, рис.2, табл. 1 и седельный тягач КАМАЗ 54901-70028-СА, рис. 3, табл. 2. [10]



Рис. 2. Полуприцеп-цистерна 33 м³ для химических жидкостей [10]



Рис. 3. Седельный тягач КАМАЗ 54901-70028-СА [10]



Таблица 1 – Технические характеристики ППЦ [10]

Технические характеристики	Значения
Объем цистерны, м ³	33,0
Количество отсеков	3
Материал корпуса	Нержавеющая сталь марки AISI 304/321
Количество осей	3
Толщина термоизоляционного слоя, мм	100
Обшивка	зеркальная нержавеющая сталь
Оси	BPW/SAF/Тонар
Подвеска	Пневматическая
Тормозные механизмы	барабанного типа
Система налива	Верхний налив крышка горловины DN 500, диаметр заливного люка 500 мм
Габаритные размеры, мм:	11 700 x 2 550 x 3 750

Таблица 2 – Технические характеристики седельного тягача [10]

Технические характеристики	Значения
Длина, мм	6250
Ширина, мм	2550
Высота, мм	3990
Колёсная формула	4x2
Масса снаряженного ТС, кг	19500
Максимально допустимая нагрузка на переднюю ось, кг	8000
Максимально допустимая нагрузка на задний мост, кг	22370
Масса в составе автопоезда, кг	44000
Максимально допустимая масса полуприцепа, кг	35370
Максимальная скорость (при максимальной нагрузке), км/ч	90
Расход топлива на 100 км, л	35

Перевозка слабой азотной кислоты железнодорожным транспортом совершается в соответствии с Правилами перевозок опасных грузов по железным дорогам [11, 12].

Предлагается везти слабую азотную кислоту вагонами-цистернами, танк-контейнерами и в составе контрейлерной перевозки.

Перевозка вагонами-цистернами является одним из основных способов транспортировки слабой азотной кислоты, рис.4, табл.3. [13, 14].

Использование танк контейнеров обеспечивает экономически эффективную и безопасную транспортировку химических жидкостей и реактивов, поэтому для транспортировки слабой азотной кислоты был выбран нижеописанный вариант емкости, рис. 5, табл. 4. [15]



Рис. 4. Цистерна для слабой азотной кислоты модель 15-1487-01 [13].



Рис. 5. Танк контейнер CCRU 164165-6 [15]

Таблица 3 – Технические характеристики вагона-цистерны [14]

Технические характеристики	Значения
Грузоподъемность, т, максимальная	68,7
Масса тары, т	25
Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН	230
Длина, мм	
- по осям сцепления автосцепок	12020
- по раме	10800
База вагона, мм	7800
Высота оси автосцепки от уровня головки рельсов, мм	1040-1080
Высота от уровня головки рельса, мм	4435
Ширина колеи, мм	1520
Конструкционная скорость, км/ч	120
Габарит по ГОСТ 9238-2013	02-ВМ

Таблица 4 – Технические характеристики танк контейнера [15]

Технические характеристики	Значения
Длина, мм	6058
Ширина, мм	2438
Высота, мм	2591
Объем, м ³	24
Максимальный вес брутто, кг	34 000
Рабочее давление, бар	4
Толщина стен, мм	6
Рабочая температура, °С	-40°...+130
Обшивка	Алюминий
Материал танк-контейнера	Нержавеющая сталь
Теплоизоляция	Фольгированная базальтовая вата
Вес, кг	3670
Т-код	T11
ИМО-код	ИМО 1

Вагоны-платформы должны быть оборудованы автоматическим пневматическим и ручным стояночным тормозами. Платформы, сконструированные для транспортировки контейнеров, должны быть оснащены стационарными, и/или откидывающимися, и/или



съемными упорами для фитингов, лимитирующие самопроизвольное смещение контейнеров относительно рамы в плоскости.

Вагон-платформа модели 13-6953 предназначена для транспортировки крупнотоннажных контейнеров, в том числе и танк-контейнеров массой брутто до 36 тонн, фитинговая платформа выполнена в климатическом исполнении УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ 50150 с обеспечением эксплуатационной выносливости в диапазоне температур от -60°C до +50°C, рис. 6, табл. 5. [13, 14].

Способ погрузки автопоезда на контрейлерную платформу: "Горизонтальный" (с заездом своим ходом с использованием торцевой или боковой рампы) или "Вертикальный" (с использованием кранов). Контрейлерный поезд может быть сформирован на железнодорожных путях общего пользования, расположенных на станциях, и железнодорожных путях необщего пользования, рис. 7. [13, 14].



Рис. 6. Платформа для перевозки танк-контейнеров модели 13-6953 [13]



Рис. 7. Контрейлерная платформа 13-6987

Таблица 5 – Технические характеристики фитинговой платформы [14]

Технические характеристики	Значения
Грузоподъемность, т, максимальная	72,0
Масса тары, т	19,5±0,25
Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (тс)	230,5 (23,5)
Длина, мм	
- по осям сцепления автосцепок	14620
- по раме	13400
База вагона, мм	9720
Высота оси автосцепки от уровня головки рельсов, мм	1040-1080
Ширина колеи, мм	1520
Конструкционная скорость, км/ч	120
Габарит по ГОСТ 9238	
-вагона	0-BM
-тележки	02-BM
Количество откидных упоров для крепления контейнеров	14

Правила перевозки танк-контейнеров морским транспортом, а также требования к танк-контейнерам регламентированы:

- Правилами морской перевозки опасных грузов (МОПОГ);
- Международным кодексом морской перевозки опасных грузов (МК МПОГ) [16];

Для перевозки азотной кислоты морским транспортом будет задействовано судно контейнеровоз «Санкт-Петербург», рис.8, табл.6. [17].

Ро-Ро перевозки – вид транспортировки грузов, не предполагаемый использование кранов и иного грузоподъемного оборудования в порту при погрузочно-разгрузочных



работах. Используемые суда – паромы, ролкеры – оснащены рампой, предоставляющей возможность вывозить и завозить груз из судна прямо на причал.

В данном случае автоцистерна в составе с седельным тягачом будет перевозиться судном типа «Ро-Ро» без дополнительных манипуляций по погрузке-разгрузке слабой азотной кислоты, рис. 9, табл. 6 [17].



Рис. 8. Контейнеровоз SANKT-PETERBURG [17]



Рис. 9. Ролкер ADLER [17]

Таблица 6 – Технические характеристики судна [17]

Технические характеристики	Значение	
	SANKT-PETERBURG	ADLER
Тип судна	Контейнеровоз	Ро-Ро / ролкер
Флаг	Сьерра-Леоне	Россия
Позывной	9LS2049	UGPS
IMO/MMSI	9936484 / 667002346	9179854 / 273414440
Год постройки	2023	1998
Длина	172 м	127 м
Ширина	32,2 м	20 м
Осадка	7,5 м	5,8 м
Грузовая вместимость	2 471 TEU / 93 898 м ³	
Дедвейт (грузоподъемность)	31490 т	(7493 т)

Технология перевозки слабой азотной кислоты

Определение маршрутов является ключевым этапом в организации доставки груза, поскольку от этого зависят скорость транспортировки, ее стоимость и способы обеспечения безопасности ее участников, рис.10.

Маршрут №1: Екатеринбург – Находка железнодорожным транспортом, а именно танк-контейнерами на фитинговых платформах, порт Находка – порт Сямынь морским транспортом – цистерны-контейнеры грузятся на палубу контейнеровоза и отправляются в пункт назначения. Тарифное расстояние маршрута составляет: $7428+2607=10035$ км, время в пути составит приблизительно 24 дня.

Маршрут №2: Екатеринбург – Сямынь прямая железнодорожная перевозка вагонами-цистернами. Тарифное расстояние составит $485+1930+3898=6313$ км, транзитное время – 15 дней.

Маршрут №3: Екатеринбург – Серахс железнодорожным транспортом в составе контейлерной перевозки автопоездов на платформах, Серахс – Бендер-Аббас автомобильным транспортом, Бендер-Аббас – Сямынь морским транспортом на ролкерах в таком же составе седельного тягача и автоприцепа-цистерны. Тарифное расстояние маршрута составляет: $3109+1404+9336=13849$ км, транзитное время – около 18-ти дней.



- необходимо проводить наполнение цистерн только теми видами грузов, для перевозки которых они разрабатывались [18, 19].

Технология выполнения погрузочно-выгрузочных и перегрузочных работ

Запрещается проводить погрузку и разгрузку, если результаты осмотра автотранспортного средства, тары или оборудования, которое используется при погрузочно-разгрузочных работах, не соответствуют техническим условиям, а также при отсутствии на танк-контейнере маркировки и знаков опасности.

Погрузочно-разгрузочные мероприятия с опасными грузами должны проводиться на специально укомплектованных постах. При этом одновременно можно производить погрузку или разгрузку не более одной транспортной единицы [2, 12].

Налив будет проводиться сверху через заливную горловину и предусматривает открытие люка цистерны, рис.11. [2, 12].



Рис. 11. Комплекс автоналива для жидких грузов [2, 12]

Слив содержимого из автоцистерны производится в ручном режиме:

- автоцистерна фиксируется противооткатными устройствами на специально оборудованной эстакаде для слива;
- рабочим выбирается насос и цистерна, в которую будет сливаться слабая азотная кислота, затем фиксируется уровень в цистерне до слива и собирается схема для приема кислоты.

При размещении контейнера-цистерны на платформе или при ее снятии подъем и спуск производятся тремя способами:

- за верхние угловые фитинги подвесами, состоящими из траверс с поворотными замковыми устройствами;
- траверсами, к которым прикреплены стропы с крюками.
- такелажными стропами с крюками за нижние угловые фитинги;

Танк-контейнеры загружаются на платформы со строго зафиксированными тормозными устройствами и противооткатными упорами для надежного сцепления фитингов с вагоном-платформой.

Устройства сливной арматуры танк-контейнера допускают выполнение погрузо-разгрузочных работ под действием силы тяжести и под давлением, рис.12. [2, 12].

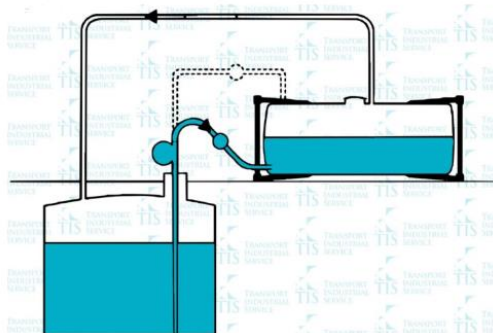


Рис. 12. Загрузка кислоты через верхний или нижний слив под давлением [2, 12]

Наливной груз попадает в танк-контейнер под действием высокого давления в резервуаре для хранения. Пары отводятся через воздушный клапан или обратно в резервуар через соединение с верхним сливом, рис.13 [2, 12].

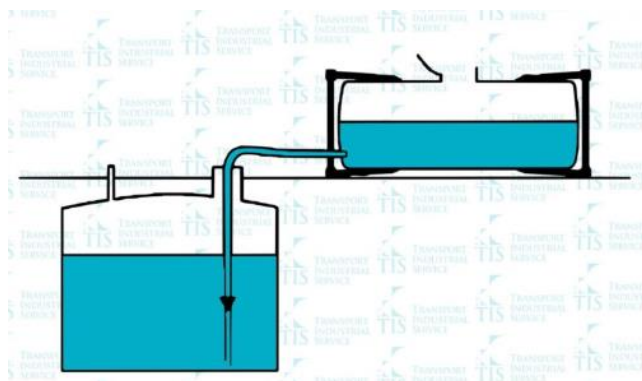


Рис. 13. Выгрузка кислоты через верхний или нижний слив под давлением «Закрытая Система» [2, 12]

Кислота выгружается через верхний или нижний слив под давлением, возможны варианты выгрузки с использованием азота или другого инертного газа. Запрещена подача давления в танк-контейнер выше его рабочего.

Перегрузку азотной кислоты необходимо проводить под надзором бригадиров и звеньевых, обладающих квалификацией не ниже третьего класса, имеющих стаж работы не менее 1 года, прошедших специализированное обучение, а также подтвердивших свою квалификацию ежегодным экзаменом. На определенных участках погрузки и выгрузки опасных грузов отобран постоянный штат работников порта, обученных к работе с опасными грузами.

Во время грузовых мероприятий должен соблюдаться контрольно-пропускной режим к местам погрузки-выгрузки опасных грузов. Нахождение на территории места переработки опасных грузов лиц, не имеющих отношение к проведению и обеспечению грузовых работ, запрещается.

Перед погрузкой необходимо испытать на герметичность все крышки расширителей, моечные и смотровые лючки, а также провентилировать весь трюм и иные помещения судна, где будет располагаться груз.

Заключение

В данной статье были рассмотрены сферы применения слабой азотной кислоты, проанализированы основные свойства этой кислоты как опасного груза: физико-химические особенности, транспортные характеристики и маркировка. Исследованы способы



транспортировки различными видами транспорта и обеспечения безопасности перевозок. Также были приведены примеры транспортных средств и их комплектации для безопасной транспортировки слабой азотной кислоты, приведены их технические параметры.

Разработаны три варианта транспортировки слабой азотной кислоты из России в Китай с использованием различных видов транспорта. Были найдены маршрутные расстояния и транзитное время каждого из маршрутов.

- Маршрут №1 - смешанная перевозка из железнодорожного и морского транспорта. Тарифное расстояние составляет 10035 км.
- Маршрут №2 - полностью железнодорожная перевозка. Тарифное расстояние составляет 6313 км.
- Маршрут №3 - смешанная перевозка из железнодорожного, автомобильного и морского транспорта. Тарифное расстояние составит 13849 км.

Описана технология перевозки азотной кислоты на различных видах транспорта и детали погрузочно-разгрузочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53789-2010 Кислота азотная неконцентрированная. Технические условия – Москва: Стандартинформ, 2019 – 15 с.
2. Рабинович В. А. Краткий химический справочник: изд. 2-е, испр. и доп. / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин. – Ленинград: Химия, 1978 – 392 стр.
3. ГОСТ 19433-88. Грузы опасные. Классификация и маркировка (с Изменением № 1). – Москва: Издательство стандартов, 1988. – 50 с.
4. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Москва: Издательство стандартов, 1976. – 7 с.
5. ДОПОГ. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (с приложениями). – Нью-Йорк; Женева: Организация Объединённых Наций, 2023. – 739 с.
6. Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2020 г. N 2200 "Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями). – Москва: Издание Администрации Президента РФ, 2020. – 48 с.
7. Правила обеспечения безопасности перевозок, утвержденные приказом Минтранса России от 30.04.2021 N 145. – Москва: Министерство транспорта РФ, 2021. – 11 с.
8. Приказ Министерства транспорта РФ от 11 апреля 2022 г. № 127 «Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки опасных грузов». – М.: Администрация Президента РФ, 2022. – 9 с.
9. ГОСТ 14192 – 96. Маркировка грузов. Введен в действие 01.01.1998. – Москва. Стандартинформ – 2011. – 30 с.
10. Kamaz.market. Седельный тягач КАМАЗ 54901-70028-CA ДОПОГ [Электронный ресурс]. – URL: https://kamaz.market/catalog/sedelnye-tyagachi/sedelnyy-tyagach-kamaz-54901-70028-ca-dopog-357642/?utm_source=yandex_kamaz_market&utm_medium=cpc&utm_campaign=cs-Tovarnaya_RF_po_kategoriyam-119056552&utm_content=1872060007479191603&utm_term=---autotargetinglnone&yclid=7007111044577361919 (дата обращения 08.04.2025).
11. Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам: утверждены Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (протокол от 5 апреля 1996 г. № 15): в редакции от 8 апреля 2025 года. – Москва: Совет по железнодорожному транспорту, 2025. – 178 с.
12. Правила перевозок железнодорожным транспортом грузов наливом в вагонах-



- цистернах и вагонах бункерного типа для перевозки нефтебитума: утверждены Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (протокол от 21-22 мая 2009 г. № 50). – Москва: Совет по железнодорожному транспорту, 2009. – 77 с.
13. Вагон.by. Сайт о вагонном парке и вагонном хозяйстве [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/search/?clid=9582&text=vagon.by+официальный+сайт&lr=2> (дата обращения: 09.04.2025 г.)
 14. Главное управление вагонного хозяйства МПС. Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР: альбом-справочник. – М.: Транспорт, 1989. – 176 с.
 15. Итака Транс: логистическая компания. Каталог танк контейнеров [Электронный ресурс]. – URL: https://itakatrans.ru/prodazha-tank-konteynerov?utm_source=Yandex_Direct&utm_medium=cpc&utm_campaign=yandex-poisk&utm_term=танк%20контейнер&position_type=premium&position=1&yclid=10837697453346521087 (дата обращения: 10.05.2025 г.)
 16. Международный кодекс морской перевозки опасных грузов. – Санкт-Петербург: ЦНИИМФ, 2024. – 1132 с.
 17. База данных судов AIS Информация Судна/Позиция. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vesselfinder.com/ru/vessels> (дата обращения: 11.05.2025 г.)
 18. Кузьменкова В. Н. Особенности маркетинга на транспорте / В. Н. Кузьменкова, Г. И. Паламарчук, Н. Н. Кацер // Специальная техника и технологии транспорта. – 2020. – № 7(45). – С. 215-219.
 19. Уголков С. В. Безопасность транспортного процесса / С. В. Уголков, Ю. Г. Лазарев, Е. Б. Сеницына. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. – 99 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шадрин Антон Николаевич

Студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
Россия, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.67, лит. А
E-mail: mkobzz54@gmail.com

Уголков Сергей Вячеславович

К.воен. н., доцент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
Россия, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.67, лит. А
E-mail: ugalkvserg@mail.ru

Дата поступления: 15.04.2025

Дата принятия: 01.07.2025