



РАСЧЁТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВО ТАРЫ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПАРТИИ АЦЕТОНА

А. Н. Гардюк, Д. Л. Головцов, О. А. Изотов, Е. А. Таратун

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В настоящей статье рассматриваются вопросы определения видов тары и расчета ее потребного количества с учетом максимального использования грузоподъемности и грузоместимости транспортных средств при перевозке партии ацетона из Санкт-Петербурга в Калининград.

Ключевые слова: ацетон, цистерна, наливной груз, паллеты, суда, подвижной состав, контейнеры.

Для цитирования:

Гардюк А. Н., Головцов Д. Л., Изотов О. А., Таратун Е. А. Расчёт потребного количества тары и транспортных средств для перевозки партии ацетона // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(30), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2021 – с.145-154 . РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-145-154.

CALCULATION OF THE REQUIRED NUMBER OF CONTAINERS AND VEHICLES FOR THE TRANSPORTATION OF A BATCH OF ACETONE

A. N. Gardyuk, D. L. Golovtsov, O. A. Izotov, E. A. Taratun

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

This article discusses the issues of determining the types of packaging and calculating its required quantity, taking into account the maximum use of the carrying capacity and cargo capacity of vehicles when transporting a batch of acetone from St. Petersburg to Kaliningrad.

Keywords: acetone, tank, bulk cargo, pallets, ships, rolling stock, containers.

For citation:

Gardyuk A. N., Golovtsov D. L., Izotov O. A., Taratun E. A. Calculation of the required number of containers and vehicles for the transportation of a batch of acetone // System analysis and logistics.: №4(30), ISSN2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2021 – p.145-154. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-145-154.

Введение (Introduction)

Ацетон — органическое вещество, простейший представитель насыщенных кетонов. Бесцветная летучая жидкость с характерным запахом. Неограниченно смешивается с водой и полярными органическими растворителями, также в ограниченных пропорциях смешивается с неполярными растворителями.

Согласно ГОСТ 19433 ацетон относится к 3 классу опасности, подкласс 3.2 – легко воспламеняющимся жидкостям, классификационный шифр 3212, номер ООН 1090 [1].

В соответствии с ГОСТ 12.1.007 по степени воздействия на организм ацетон относится к 4-му классу опасности — вещества малоопасные. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров ацетона в воздухе рабочей зоны — 200 мг/м³[2].

Ацетон — легковоспламеняющаяся жидкость. Температура вспышки — минус 18°C; температура самовоспламенения — 500°C; температурные пределы воспламенения паров в воздухе: нижний — минус 20°C, верхний — 6°C; концентрационные пределы воспламенения паров в воздухе: нижний — 2,2%, верхний — 13%; минимальная энергия зажигания паров в воздухе — 0,6 мДж [3].

Ацетон является ценным промышленным растворителем и благодаря низкой токсичности он получил широкое применение в производстве лаков, взрывчатых веществ, лекарственных средств. Он является исходным сырьем в многочисленных химических синтезах. В лабораторной практике его применяют в качестве полярного апротонного



растворителя, для приготовления охлаждающих смесей вместе с сухим льдом и аммиаком, а также для мытья химической посуды.

В быту ацетон применяется для удаления загрязнений с текстильных материалов, обезжиривания поверхности перед окрашиванием. Эффективно растворяет клей, нитроцеллюлозу, воски, алкалоиды, некоторые соли и другие органические вещества.

В настоящей работе рассматриваются вопросы выбора подвижного состава, видов тары и ее потребного количества для перевозки партии ацетона из Санкт-Петербурга в Калининград.

Характеристика маршрутов перевозки ацетона технического (Characteristics of the routes of transportation of technical acetone)

Технический ацетон перевозится в специально выделенных железнодорожных цистернах с верхним сливом или универсальным сливным прибором, автоцистернах, в бочках алюминиевых по ГОСТ 21029, стальных или оцинкованных по ГОСТ 17366, ГОСТ 13950, тип I, ГОСТ 6247, вместимостью от 100 до 275 дм³, в стеклянных бутылках по ОСТ 6—09—185, вместимостью 10 и 20 дм³ только автомобильным транспортом, а также ИВС-контейнерах и танк-контейнерах.

Рассматривается перевозка технического ацетона с химического предприятия АО «Вектон» в адрес Калининградского морского торгового порта. Объем поставки составляет 5700 т/год.

Перевозка осуществляется по маршрутам, рис.1.:

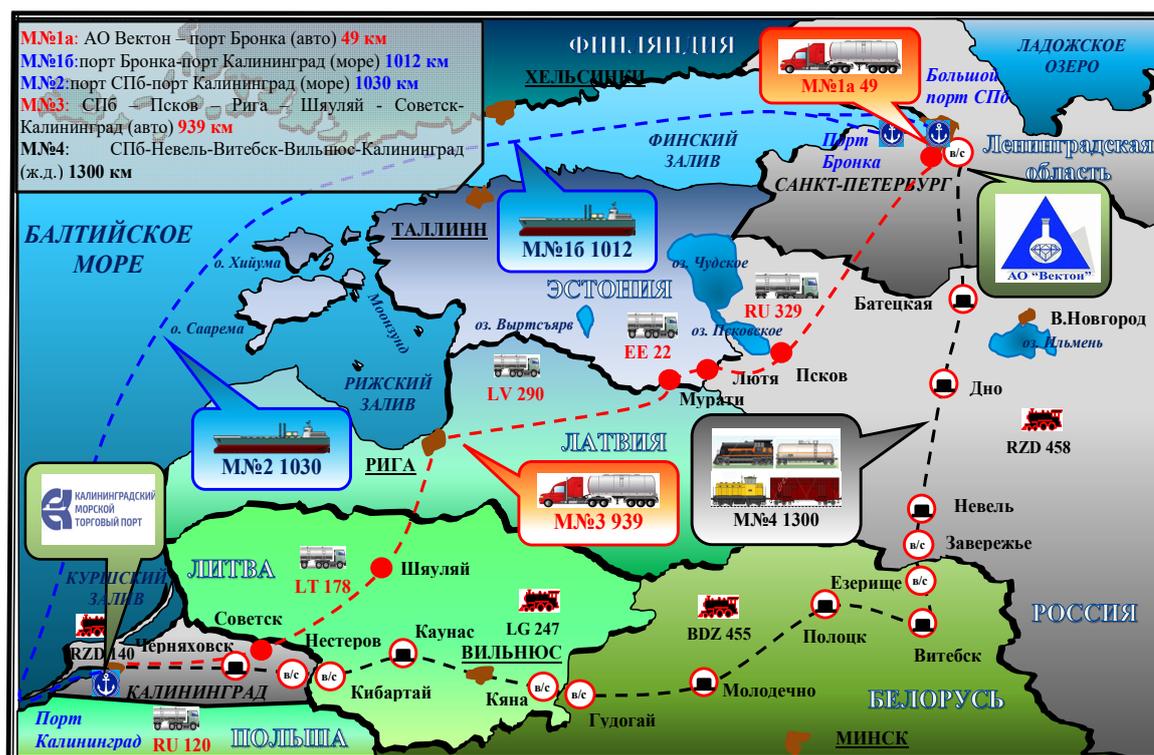


Рис.1. Схема маршрутов перевозки ацетона из Санкт-Петербурга в Калининград

Первый маршрут смешанной перевозки: Санкт-Петербург АО «Вектон» - порт Бронка на автомобилях в танк-контейнерах; далее порт Бронка - порт Калининград в танк-контейнерах морским транспортом.

Второй маршрут прямой перевозки: порт Санкт-Петербург - порт Калининград на судне химовозе морским транспортом наливом.

Третий маршрут прямой международной перевозки: Санкт-Петербург - Литва,



Калининградская область в автомобиле цистерне для химических грузов по книжке МДП.

Четвертый маршрут прямой международной перевозки: железнодорожная станция Санкт-Петербург через Республику Беларусь и Литовскую Республику в Калининград в железнодорожной цистерне или крытом вагоне в бочках или ИВС контейнерах.

Требуется определить тип и потребное количество подвижного состава и тары, обеспечивающей максимальную загрузку транспортных средств по грузоподъемности и грузовместимости [4].

По Таблице 1 Приложения 2 прејскуранта № 10-01 определяется позиция ЕТСНГ для данного груза, а при повагонной, групповой, маршрутной отправлениях – тарифный класс груза. Эта информация содержится в Раздел XII. Продукция органической химии. 723009 Альдегиды, кетоны и ангидриды. Для ацетона код позиции 722102, тарифный класс груза – 3, минимальная весовая норма 52 тонн [5].

Позиция ГНГ ГЛАВА 29 Органические химические соединения. 2914 Кетоны и хиноны, содержащие или не содержащие другую кислородсодержащую функциональную группу, и их галогенированные, сульфированные, нитрованные или нитрозированные производные. 29141100 Ацетон. Класс ЕТТ-1 [6].

Фактический расчет производится за истинный тоннаж ацетона в таре (цистерне, танк-контейнере, бочке, ИВС-контейнере (еврокубе)).

Для перевозки ацетона можно использовать специализированные железнодорожные цистерны, парк которых насчитывает с учетной специализацией 2 модели: 15-1280, 15-1597-50, грузоподъемностью 56-50,4 т и объемом котла 72-75,5 м³, табл.1. Кроме того можно использовать цистерны для перевозки химических грузов [7].

Таблица 1 – Семейство цистерн для перевозки ацетона

Модель	Тележка	Грузоподъемность, т	Объем, м ³	Начало выпуска	Окончание выпуска
Цистерна для ацетона мод. 15-1280	18-100	56	72	1996	
Цистерна для ацетона мод. 15-1597-50	18-100	50,4	75,5	1978	1995

В данной работе для практических расчетов принята цистерна для перевозки ацетона модели 15-1280 из данной линейки как наиболее грузоподъемная, с не истекшим сроком службы. Изготовитель Открытое акционерное общество "Рузаевский завод химического машиностроения" (клеймо 1167), рис.2.

Вагон оборудован предохранительно-впускным клапаном, уклоном котла к сливному прибору. Способ слива через штуцер передавливанием. Учётная специализация модели: ацетон. Грузоподъемность: 56 т, объем котла 72 м³ [7].



Рис.2. Цистерна для перевозки ацетона



Расчет степени наполнения ацетоном тары (Calculation of the degree of filling of containers with acetone)

Согласно Приказа МПС РФ от 18.06.2003 № 25 Об утверждении Правил перевозок железнодорожным транспортом грузов наливом в вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа для перевозки нефтебитума [8], расчет степени заполнения цистерн для ядовитых или коррозионных веществ (воспламеняющихся или невоспламеняющихся), перевозимых в вагонах-цистернах с вентиляционной системой или предохранительными клапанами (даже если перед ними установлена разрывная мембрана),

$$P = 98 / 1 + 40\alpha \quad (1)$$

Формула для расчета объема заполнения железнодорожных цистерн, автоцистерн и танк-контейнеров.

Расчет степени заполнения цистерн для легковоспламеняющихся, а также слабоядовитых или коррозионных веществ (воспламеняющихся или невоспламеняющихся), перевозимых в герметично закрытых вагонах-цистернах без предохранительных клапанов производится по формуле:

$$P = 97 / 1 + 40\alpha \quad (2)$$

Формула для расчета объема фенола в бочках 1А1.

Так как температура ацетона при наливке должна быть 15°C, а при сливе не выше + 55°C, α - средний коэффициент расширения объема ацетона на 40°C (т. е. при повышении ее на 40°C с 15°C до 55°C), определяемый по формуле:

$$\alpha = (d_{15} - d_{55}) / 40 \cdot d_{55} \quad (3)$$

где: d_{15} – плотность ацетона при температуре 15°C;

d_{55} – плотность ацетона при температуре 55°C.

Подставляя в формулу 1 и 2 значение α , получим:

$$P = 98 / 1 + 40 \cdot (d_{15} - d_{55}) / 40 \cdot d_{55} = 98 / 1 + (d_{15} - d_{55}) / d_{55}.$$

$$P = 97 / 1 + 40 \cdot (d_{15} - d_{55}) / 40 \cdot d_{55} = 97 / 1 + (d_{15} - d_{55}) / d_{55}.$$

Значения d_{15} и d_{55} для ацетона определяется по таблицам и будет равно 0,7962 т/м³ и 0,7505 т/м³ соответственно [8]. Таким образом, степень заполнения ацетона в цистерну будет равно:

-для железнодорожных и авто цистерн и танк-контейнеров

$$P = 98 / 1 + (d_{15} - d_{55}) / d_{55} = 98 / 1 + (0,7962 - 0,7505) / 0,7505 = 98 / 1,061 = 92\%$$

-для бочек 1А1

$$P = 97 / 1 + (d_{15} - d_{55}) / d_{55} = 97 / 1 + (0,7962 - 0,7505) / 0,7505 = 97 / 1,061 = 91\%$$

Поэтому общий объем ацетона в цистерне составит:

$$72 \text{ м}^3 \cdot 0,92 = 66,24 \text{ м}^3.$$

Цистерны для перевозки ацетона

Следовательно, масса ацетона в цистерне при температуре налива 15°C может быть равна: 66,24 · 0,7962 = 52,74 т. Однако, поскольку грузоподъемность цистерны равна 56 т, а минимальная весовая норма 53 т, примем это значение.

Бочки 1А1

При перевозке ацетона в тарно-бочковой упаковке могут использоваться бочки с несъемным верхним дном типа 1А1 вместимостью 216,5 дм³, верхним сливом, размерами 882x585 мм и собственной массой 18,2 кг [10]. Масса ацетона в бочке будет равна 216,5



$\cdot 0,7962 \cdot 0,91 = 156,86$ (157) кг. Бочки упаковываются по 4 шт. на FIN паллете, размером 1000x1200 мм, рис. 3 [4, 11].



Рис. 3. 4 бочки 1A1 на FIN паллете

Танк-контейнеры

Используемые для перевозки танк-контейнеры имеют стандарт ИМО 1 (T11-T22). В такой таре допускается перевозить опасные химические среды, а также вещества в условиях повышенного давления. Это щелочи, кислоты, бытовая химия, нефтепродукты. Толщина стенки – 4-7 мм. Увеличенная модификация имеет объем 26 м³ [12]. Для расчетов в данной работе принят танк-контейнер T11 с объемом 25 м³ и грузоподъемностью 32050 кг, рис. 4. Таким образом, масса ацетона в танк-контейнере составит: $25 \cdot 0,7962 \cdot 0,92 = 18,3$ т. Танк-контейнеры T11 перевозятся по 2 единицы на автомобиле или железнодорожной платформе контейнеровозе [4].



Рис. 4. Танк-контейнер T11

Автомобильные цистерны

Для перевозки автомобильным транспортом можно использовать цистерну для перевозки химических продуктов и опасных грузов ADR, рис.5, табл.2 [13].

Полуприцеп-цистерна для перевозки ADR химических веществ и опасных грузов выполнен из нержавеющей стали марки AISI 316. Благодаря молибдену сталь этой марки особенно устойчива к коррозии.

В этой цистерне можно перевозить следующих классов опасных грузов: 3, 4, 6 и 8 легковоспламеняющиеся жидкости и смеси жидкостей, ядовитые вещества, едкие или коррозионные вещества и прочие опасные грузы наливом. Цистерна оборудована: Данная автоцистерна укомплектована:



- Раздельными 3 отсеками для перевозки нескольких видов груза одновременно;
- Раздельным сливом как с каждого отсека так и в общую магистраль;
- Донные клапана предотвращающие случайный слив груза при движении или стоянке;
- Датчиком температуры в каждом отсеке;
- Сливные шланги длиной до 6 м;
- Переходным соединением «Евро-корона»;
- ГЛОНАСС навигацией для отслеживания передвижения автомобиля;
- Утеплитель способен удерживать температуру груза с интервалом потери 1⁰ в сутки.



Рис. 5. Цистерна для перевозки ацетона

Таблица 2 - Технические характеристики автомобильной цистерны для химических грузов

Характеристики	Показатели
Номинальная емкость, м ³	30,6
Количество отсеков	3
Общая длина, м	10,5
Высота, м	3,45
Ширина, м	2,45
Сливной шланг, м	6
Грузоподъемность, кг	30000
Масса снаряжённого ТС, кг	8100
Давление, нагнетаемое в емкость, атм	2,5

Исходя из технических характеристик, масса ацетона в автоцистерне составит:
 $30,6 \cdot 0,7962 \cdot 0,92 = 22,4$ тонны.

Еврокуб

Еврокуб (IBC — от англ. *Intermediate Bulk Container* — средний насыпной контейнер), кубическая ёмкость, кубовая бочка — многоразовый среднетоннажный грузовой кубический контейнер [14]. Еврокубы применяются в промышленности для перевозки и хранения жидких и сыпучих грузов, в том числе жидких химикатов.

Размеры Еврокубов являются стандартными:



Длина: 1200 +/- 10 мм
Высота: 1160 +/- 10 мм
Ширина: 1000 +/- 10 мм
Объем: 1000 - 1050 л

Таким образом, масса ацетона в еврокубе составит: $1,0 \cdot 0,7962 \cdot 0,91 = 0,7325$ т. ИВС-контейнеры перевозятся на автомобиле или железнодорожном открытом и закрытом подвижном составе, рис.6 [4,11].



Рис. 6. Загрузка ИВС-контейнеров в 2 яруса в крытый цельнометаллический вагон

Перевозка ацетона наливом в судах химовозах (Transportation of acetone in bulk in chemical vessels)

Для перевозки ацетона наливом на морском транспорте может использоваться судно Проект RST27/Метаноловоз, рис. 7 [15]. Стальной однопалубный теплоход с двумя поворотными винто-рулевыми колонками, шестью грузовыми танками, баком и ютом, кормовым расположением рубки и машинно-котельного отделения, с двойным дном, двойными бортами и тронком в районе грузовых танков.



Рис. 7. Судно проекта RST27/Метаноловоз



Назначение

Перевозка сырой нефти и нефтепродуктов, в том числе бензина, без ограничения по температуре вспышки, с обеспечением перевозки груза с поддержанием температуры 60°C.

Дополнительно к нефтеналивным грузам судно имеет возможность перевозить такие химические продукты, как спирт метиловый, ацетон, спирт изопропиловый, кальция лигносульфита растворы, толуол, ксилол и др. Наравне с ними могут транспортировать растительные масла и их фракции (пальмовое, подсолнечное, соевое, рапсовое, кокосовое и др). А также перевозка растительных масел и химических грузов. Обеспечивается одновременная перевозка двух сортов груза.

Район плавания

Морские районы, соответствующие ограниченному району плавания R2 – с высотой волны 3% обеспеченности 7 м, с удалением от места убежища 100 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 200 миль, внутренние водные пути Российской Федерации с учетом ограничений.

Класс судна

КМ (*) Ice1 R2 AUT1-ICS OMBO VCS ECO-S Oil tanker /Chemical tanker type 2 (vegetable oil) (ESP) Российского Морского Регистра судоходства, табл.3.

Таблица 3– Характеристики судна проекта RST27/Метаноловоз

Характеристики	Показатели
Длина наибольшая, м	140,85
Длина между перпендикулярами, м	137,1
Ширина расчетная, м	16,7
Ширина габаритная, м	16,86
Высота борта, м	6,0
Осадка проектная в реке, м	3,6
Осадка по ЛГВЛ (море), м	4,2
Дедвейт в реке (при осадке 3,6 м), т	5378
Дедвейт в море (при осадке 4,2 м), т	6980
Вместимость грузовых танков (98%), м ³	7828
Вместимость отстойных танков (98%), м ³	280
Вместимость балластных танков, м ³	4650
Максимальная длительная мощность ГД, кВт	2x1200
Скорость хода в грузу при осадке 4,2 м при 100 МДМ, узлы (не менее)	10,0
Экипаж / количество мест	12/15
Автономность плавания, сутки	20/12

Исходя из технических характеристик судна, в грузовых танках может поместиться ацетона:

$$7828 \cdot 0,7962 \cdot 0,92 = 5734,04 \text{ тонны.}$$

Заключение (Conclusion)

Общий объем поставок ацетона в Калининград в среднем составляет 5700 т/год.

Таким образом, общее потребное количество железнодорожных цистерн потребуется $5700 : 53 = 107,55$, т.е. 108 вагонов в год или 9 цистерн в месяц.

Перевозка в танк-контейнерах потребует 312 контейнеров по 18,3 тонн на 156 автовозах или железнодорожных платформах.

Для перевозки ацетона автомобильным транспортом необходимо использовать: $5700 : 22,4 = 255$ автоцистерн.

Потребное число бочек составит 36306 шт. по 157 кг. Для перевозки годовой партии ацетона в ИВС–контейнерах необходимо: $5700 : 0,733 = 7777$ шт.



При перевозке ацетона в крытом вагоне сочленённого типа с раскрывающейся крышей модели 11-2151 и внутренней площадью пола 34,14 м², общее число ИВС–контейнеров площадью 1,2 м² составит 28 шт. в один ярус и 56 в 2 яруса. Максимальный вес ацетона в вагоне составит $56 \cdot 0,733 = 41$ т.

Общее число паллет с бочками составит $34,14 : (1,2 \cdot 1,17) = 24,3$, т.е. 24 паллеты с 4 бочками на каждой паллете в 1 ярус и 48 паллет в 2 яруса. Таким образом, максимальное число бочек в вагоне составит 192 шт. Максимальный вес ацетона в вагоне составит $192 \cdot 0,157 = 30$ т.

Таким образом, наиболее целесообразным следует считать вариант перевозки ацетона в ИВС–контейнерах.

Потребное число судов для годовой поставки ацетона составит 1 корабль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2768-84. Ацетон технический. Технические условия. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.08.84 № 3030. М.: ИПК Издательство стандартов, 15 с.
2. ГОСТ 19433-88. Грузы опасные. Классификация и маркировка. – Введ. 1990-01-01. // Кодекс. Электронный фонд нормативной и правовой информации. [Электронный ресурс]. Режим доступа - <http://docs.cntd.ru/document/901714253> (дата обращения - 6.12.2021)
3. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2007, 5 с.
4. Уголков С.В., Майоров Н.Н. Предложения по организации перевозки чая листового из Индии в Санкт-Петербург. Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – Иркутский филиал ФГБОУ ВО «МГТУ ГА» - 2021. – № 2. С.24-35–DOI 10.51955/2312-1327_2021_2_24
5. Прейскурант № 10-01. Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые Российскими железными дорогами (Тарифное руководство № 1). Части 1,2. М.: ПФ «Красный Пролетарий», 2003. (с изменениями на 31 января 2017 года)
6. Гармонизированная Номенклатура грузов (ГНГ). Кн. 1 – 3. М, 2004.
7. Вагон.by: [Электронный ресурс]: сайт о вагонном парке и вагонном хозяйстве. - Текстовые дан. и фот. URL: <http://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 07.12.2021)
8. 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, 77 с.
9. Рабинович В. А., Хавин З. Я. "Краткий химический справочник". Л.: Изд. 2-е, испр. и доп. 1978 - 392 стр., 114 табл., 19 рис.
10. ГОСТ 13950-91 Бочки стальные сварные и закатные с гофрами на корпусе. Технические условия. Утвержден и введен в действие Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 16.12.91 N 1954. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999 – 32 с.
11. Уголков С.В., Майоров Н.Н. Определение перегрузочной способности железнодорожной станции и мероприятия по ее обеспечению в необходимом объеме установкой временных погрузочно-выгрузочных устройств. Строительные материалы и изделия. Изд-во ФГБОУ ВО «БГТУ им. В.Г.Шухова» - 2021. Том 4. № 1. С.35-44. ISSN 2618-7183 DOI:10.34031/2618-7183-2021-4-1-35-44
12. Танк-контейнер Т11, 24 000 литров. Общая спецификация [Электронный ресурс]. URL: <https://www.exsif.ru/wp-content/uploads/2019/12/specifikaciya.pdf> (дата обращения 07.12.2021)



13. Химические цистерны [Электронный ресурс]. URL: <https://autobau-tank.ru/химические-цистерны>. (дата обращения 07.12.2021)
14. Контейнер ИВС Еврокубы SCHÜTZ [Электронный ресурс]. URL: <https://нижегородхим.рф/pdf/ibc.pdf>. (дата обращения 07.12.2021)
15. Группа компаний Морские и Нефтегазовые проекты. Каталог проектов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnpglobal.com/projects/projects-katalog/tankery-khimovozy/proekt-rst27/>. (дата обращения 07.12.2021)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гардюк Александр Николаевич -

доцент кафедры

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

Головцов Дмитрий Львович -

кандидат технических наук, доцент кафедры

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

Изотов Олег Альбертович -

кандидат технических наук, доцент кафедры

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

Таратун Екатерина Андреевна -

ассистент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gordyuk Alexander Nikolaevich —

associate professor of the department

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

Golovtsov Dmitry Lvovich —

associate Professor, Candidate of Technical Sciences

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

Izotov Oleg Albertovich —

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

Taratun Ekaterina Andreevna —

assistant

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia