



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕВОЗКИ ПАРТИИ ФЕНОЛА НА ВИДАХ ТРАНСПОРТА ИЗ НОВОКУЙБЫШЕВСКА В БАНГАЛОР

С.В. Уголков

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 грузовместимости транспортных средств при перевозке партии фенола из Новокуйбышевской Нефтехимической Компании (Новокуйбышевск) в авиастроительную компанию Бангалор (Индия).

Ключевые слова: фенол, цистерна, бочки, танк-контейнер, паллеты, воздушное судно, грузовой отсек, тоннаж в таре, объем заполнения, тарифный класс груза, транспортный пакет.

Для цитирования:

Уголков С. В. Технология перевозки партии фенола на видах транспорта из Новокуйбышевска в Бангалор. // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №1(31), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2022 – с. 105-114. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-1-105-114.

TECHNOLOGY OF TRANSPORTATION OF A BATCH OF PHENOL BY MEANS OF TRANSPORT FROM NOVOKUIBYSHEVSK TO BANGALORE

S.V. Ugolkov

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 phenol from the Novokuibyshevsk Petrochemical Company (Novokuibyshevsk) to the Bangalore Aircraft Company (India).

Keywords: phenol, tank, barrels, tank container, pallets, aircraft, cargo compartment, tonnage in containers, filling volume, tariff class of cargo, transport package.

For citation:

Ugolkov S. V. Technology of transportation of a batch of phenol by means of transport from Novokuibyshevsk to Bangalore // System analysis and logistics.: №1(31), ISSN 2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2022 –p. 105-114. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-1-105-114.

Введение (Introduction)

Фенол (карболовая кислота), органическое соединение, возглавляющее класс фенолов, летучее белое кристаллическое вещество с характерным резким запахом. Допускается розоватый или желтоватый оттенок. Согласно ГОСТ 23519-93 фенол относится к 6 классу опасности, подкласс 6.1 –ядовитым веществам, классификационный шифр фенола твердого 6112, фенола раствор 6113, номер ООН 2312 (UN2312), аварийная карточка №№608, 615 [1].

Фенол по степени воздействия на организм относится к высокоопасным веществам (2-й класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.007-76). Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны — 0,3 мг/м³. Максимально разовая ПДК в атмосферном воздухе населенных мест — 0,01 мг/м³, среднесуточная — 0,003 мг/м³. ПДК в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования — 0,001 мг/дм³ [2, 3].

Характеристика опасности: токсично при проглатывании, при контакте с кожей, при вдыхании. Вызывает серьезные ожоги кожи и повреждения глаз. Вызывает генетические дефекты. Может наносить вред органам в результате длительного или многократного воздействия. Токсично для водных организмов с долгосрочными последствиями.

Условия хранения: в расплавленном и твердом состоянии в герметичных резервуарах из нержавеющей хромоникелевой стали, углеродистой стали, покрытой цинком, или из углеродистой стали, а также в емкостях из монолитного алюминия. В расплавленном состоянии фенол рекомендуется хранить под азотом (объемная доля кислорода в азоте не



должна превышать 2%) при температуре не выше ($60^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) в течение 2-3 суток. Гарантийный срок хранения фенола (в твердом состоянии): марки А -1 месяц, марки Б -1,5 месяца, марки В -12 месяцев со дня изготовления.

Область применения: используется для производства бисфенола А — исходного вещества в производстве поликарбонатов и эпоксидных смол, в производстве капролактама, дифенилолпропана, медицинских препаратов группы обезболивающих и антисептических средств, фенолформальдегидных смол, ортокрезола, гербицидов, присадок к маслам. В России большое количество фенола используется в нефтепереработке, в частности, для селективной очистки масел. Фенол проявляет высокую эффективность при удалении из масел смолистых веществ, различных полициклических ароматических углеводородов, а также соединений, содержащих серу [1].

В настоящей работе рассматриваются вопросы выбора подвижного состава, видов тары и ее потребного количества для перевозки партии фенола из Новокузнецка в Бангалор.

Характеристика маршрутов перевозки фенола (Characteristics of phenol transportation routes)

Фенол транспортируют по железной дороге в собственных или арендованных цистернах грузоотправителя (грузополучателя), снабженных устройством для обогрева. Цистерны должны быть изготовлены из нержавеющей хромоникелевой стали, углеродистой стали с цинковым покрытием или углеродистой стали. Фенол, предназначенный для производства медицинских препаратов, транспортируют в железнодорожных цистернах из нержавеющей хромоникелевой стали и углеродистой стали с цинковым покрытием. При сливоналивных операциях и в транспортном трубопроводе температура фенола должна быть (60 ± 10) $^{\circ}\text{C}$.

Также фенол перевозится в автоцистернах, в бочках алюминиевых вместимостью от 100 до 275 дм³ и танк-контейнерах. Перевозка фенола воздушным транспортом осуществляется в грузовых самолетах в бочках 1А1 по 4 единицы на паллетах.

В данной статье рассматривается перевозка фенола расплавленного из Новокуйбышевской Нефтехимической Компании (Новокуйбышевск) в авиастроительную компанию Бангалор (Индия). Объем поставки составляет 7200 т/год жидкого фенола.

Перевозка осуществляется по маршрутам, рис. 1.



Рис.1. Схема маршрутов перевозки фенола из Новокуйбышевска в Бангалор



Первый маршрут прямой воздушной перевозки: аэропорт Курумоч (Самара) – аэропорт Кемпенгоуда (Бангалор) в тарно-бочковой упаковке - бочках 1А1 по 4 единице на поддонах на борту грузового воздушного судна. Протяженность маршрута составляет 4800 км.

Второй маршрут интермодальной перевозки: железнодорожная станция Самара - порт Новороссийск в танк-контейнере (протяженность 1690 км); далее порт Новороссийск - порт Мумбай (протяженность 7817 км); на последнем этапе Мумбай - Бангалор автомобилем-контейнеровозом (протяженность 977 км).

Третий маршрут мультимодальной перевозки: Самара - порт Оля автомобилем цистерной (протяженность 1314 км); порт Оля - порт Амирабад на судне Ро-Ро (протяженность 1110 км); автоперевозка цистерной Амирабад - порт Бендер-Аббас (протяженность 1536 км); порт Бендер-Аббас-порт Мумбай на судне Ро-Ро (протяженность 1949 км); порт Мумбай-Бангалор автоцистерной (протяженность 977 км).

Четвертый маршрут прямой международной перевозки: железнодорожная станция Самара по железным дорогам Казахстана, Узбекистана, Туркменистана, Ирана, Пакистана, Индии железнодорожная станция Бангалор в железнодорожной цистерне (протяженность 8941 км).

Далее определяется тип и требуемое количество подвижного состава и тары, обеспечивающей максимальную загрузку транспортных средств [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. 722006 Фенолы, фенолоспирты и их производные.

Для фенола раствора код позиции 722190, тарифный класс груза – 3, минимальная весовая норма 32 тонн [5].

Позиция ГНГ ГЛАВА 29 Органические химические соединения I. Углеводороды и их галогенированные, сульфированные, нитрованные или нитрозированные производные. III. Фенолы, фенолоспирты и их галогенированные, сульфированные, нитрованные или нитрозированные производные. 2907 Фенолы; фенолоспирты. 29071100 Фенол (гидроксибензол) и его соли [6].

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

Для перевозки фенола можно использовать специализированные железнодорожные цистерны, парк которых насчитывает более 10 моделей, грузоподъемностью 58,5-68,5 т и объемом котла 60,5-73,1 м³ [7].

Таблица 1 – Семейство цистерн для перевозки фенола

Модель	Тележка	Грузоподъемность, т	Объем, м ³	Начало выпуска	Габарит
Цистерна для фенола мод. 15-1225-01	18-100	63	63	2012	02-ВМ
Цистерна для фенола мод. 15-1603-01	18-100	66,3	73	2005	02-ВМ
Цистерна для фенола мод. 15-1603-01	18-100	66,3	73	2003	02-ВМ
Цистерна для фенола мод. 15-1225	18-100	63	63	2000	02-ВМ
Цистерна для фенола мод. 15-1014	18-100	58,5	60,5	1997	02-ВМ
Цистерна для фенола мод. 15-1603-01	18-100	66,5	73	1995	02-ВМ

В данной работе для практических расчетов принята цистерна для перевозки фенола модели 15-1603-01-918 из данной линейки как наиболее грузоподъемная, с не истекшим сроком службы и габаритом 02-ВМ, позволяющим эксплуатацию по железным дорогам колеи 1435 мм (на маршруте Иранские железные дороги). Изготовитель Частное акционерное общество "Азовобщемаш" (клеймо 1209). Вагон оборудован универсальным сливным



прибором, уклоном котла к сливному прибору, паробоггревательной рубашкой. Способ налива верхний, способ слива нижний. Учётная специализация модели: фенол. Грузоподъёмность: 66,3 т, объем котла 73,0 м³ (рис.2) [7].



Рис. 2. Цистерна для перевозки фенола модели 15-1603-01-918

**Расчет степени наполнения фенолом расплавленным тары
(Calculation of the degree of filling of molten containers with phenol)**

Согласно Приказа МПС РФ от 18.06.2003 № 25 Об утверждении Правил перевозок железнодорожным транспортом грузов наливом в вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа [8] для перевозки нефтебитума, 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),

$$P = 98 / 1 + 30\alpha \tag{1}$$

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

Расчет степени заполнения цистерн для сильноядовитых, ядовитых, сильнокоррозионных или коррозионных веществ (как воспламеняющихся, так и невоспламеняющихся), перевозимых в герметично закрытых вагонах-цистернах без предохранительных клапанов производится по формуле:

$$P = 95 / 1 + 30\alpha \tag{2}$$

Формула для расчета объема фенола в бочках 1А1.

Так как температура фенола при наливке должна быть 40°C, а при сливе не ниже + 70°C, α - средний коэффициент расширения объема фенола при температуре 40°C (т. е. при повышении ее максимум на 30°C до 70°C), определяемый по формуле:

$$\alpha = (d_{40} - d_{70}) / 30 \cdot d_{70} \tag{3}$$

где: d_{40} – плотность фенола при температуре 40°C;

d_{70} – плотность фенола при температуре 70°C.

Подставляя в формулу 1 и 2 значение α , получим:

$$P = 98 / 1 + 30 \cdot (d_{40} - d_{70}) / 30 \cdot d_{70} = 98 / 1 + (d_{40} - d_{70}) / d_{70}.$$

$$P = 95 / 1 + 30 \cdot (d_{40} - d_{70}) / 30 \cdot d_{70} = 95 / 1 + (d_{40} - d_{70}) / d_{70}.$$

Значения d_{40} и d_{70} для фенола расплавленного определяется по таблицам [9] и будет равно 1,06 т/м³ и 1,03 т/м³ соответственно. Таким образом, степень заполнения фенола в цистерну будет равно:



– для ж.д. и авто цистерн и танк-контейнеров

$$P = 98 / 1 + (d_{40} - d_{70}) / d_{70} = 98 / 1 + (1,06 - 1,03) / 1,03 = 98 / 1,029 = 95\%$$

– для бочек 1A1

$$P = 95 / 1 + (d_{40} - d_{70}) / d_{70} = 95 / 1 + (1,06 - 1,03) / 1,03 = 95 / 1,029 = 92\%$$

Поэтому общий объем фенола расплавленного в цистерне составит:

$$73 \text{ м}^3 \cdot 0,95 = 69,35 \text{ м}^3.$$

Цистерны

Следовательно, масса фенола расплавленного в цистерне при температуре налива 40°C может быть равна: $69,35 \cdot 1,06 = 73,51$ т, т.е. 73 т. Однако, поскольку грузоподъемность цистерны равна 66,3 т, примем это значение.

Бочки 1A1

При перевозке фенола в тарно-бочковой упаковке используются бочки с несъемным верхним дном типа 1A1 вместимостью $216,5 \text{ дм}^3$, верхним сливом, размерами 882×585 мм и собственной массой 18,2 кг [10]. Масса фенола в бочке равна $216,5 \cdot 1,06 \cdot 0,92 = 211$ кг. Бочки упаковываются по 4 шт. на FIN паллете, размером 1000×1200 мм (рис.3) [4, 11].



Рис. 3. Бочки для перевозки фенола типа 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 м^3 . Для расчетов в данной работе принят танк-контейнер T11 с объемом 25 м^3 и грузоподъемностью 32050 кг [12]. Таким образом, масса фенола в танк-контейнере составит: $25 \cdot 1,06 \cdot 0,95 = 25,175$ т. Танк-контейнеры T11 перевозятся по 2 единицы на автомобиле или железнодорожной платформе контейнеровозе (рис.4).



Рис. 4. Танк-контейнер T11

Автомобильная цистерна

Для перевозки автомобильным транспортом можно использовать цистерну PARCISA. Полуприцеп-цистерна для перевозки ADR химических веществ и опасных грузов выполнен из нержавеющей стали марки 1.4404 (316L). В этой цистерне можно перевозить следующих классов опасных грузов: 3, 4.1, 5.1, 6.1, 8 и 9 легковоспламеняющиеся жидкости и смеси жидкостей, окисляющие вещества, ядовитые вещества, едкие или коррозионные вещества и прочие опасные грузы наливом. Цистерна оборудована: термоизолированным, изотермическим корпусом; автономным подогревом для поддержания заданной температуры перевозимого продукта; паровой рубашкой для бесконтактного разогрева груза от источника пара или горячей воды; перепускными и дыхательными клапанами; ёмкости ПЩ изготовлены из высококачественной нержавеющей или углеродистой стали со специальным покрытием [13], (рис.5, табл. 2).



Рис.5. Цистерна для перевозки фенола "Сеспель"



Таблица 2 - Технические характеристики цистерны "Сеспель"

Характеристики	Показатели
Номинальная емкость, л	30000
Количество отсеков	1
Общая длина, мм	11700
Высота, мм	3550
Ширина, мм	2500
Высота ССУ, мм	1150-1350
Колесная база, мм	5185 +1360+1360
Расстояние между осями, мм	1360
Колеса	385/65R22,5; 6+1
Общая масса брутто, кг	38500
Нагрузка ССУ, кг	11500
Нагрузка на оси, кг	27000
Грузоподъемность, кг	30000
Масса снаряжённого ТС, кг	8500

Исходя из технических характеристик, масса фенола в автоцистерне составит:
 $30 \cdot 1,06 \cdot 0,95 = 30,175$ т, т.е. 30 тонн.

При перевозке фенола воздушным транспортом, технической эксплуатации подлежат грузовые самолеты корпораций Airbus, Boeing и Антонов: A330-200F, Boeing 747-400F, Boeing 747-400ERF, Boeing 757-200F, Boeing 747-8F, Boeing 767-300F, Boeing 777F, Ан-124-100 и Ан-124-150. Из перечисленных типов наиболее грузоподъемным является последний, который в настоящий момент дорабатывается в серийном производстве. Поэтому для практических расчетов в данной работе был выбран наиболее грузоподъемный тип Boeing 747-8F, с полезной нагрузкой 132,6 тонн (рис.6). Его характеристики в таблице 3 [14].

Таблица 3 - Характеристики В 747-8F

Характеристики	747-8F
Экипаж	2 пилота
Длина	76,3 м
Размах крыла	68,4 м
Высота	19,4 м
Ширина кабины	6,1 м
Масса пустого самолёта	191,1 т
Максимальная взлётная масса	447,7 т
Максимальная масса груза	132,6 т
Крейсерская скорость	0,845 M (903 км/ч)
Максимальная скорость	988 км/ч
Дальность полёта с максимальной нагрузкой	8 288 км
Практический потолок	13 000 м
Максимальное количество топлива	181,5 т
Силовая установка	GEnx-2B67

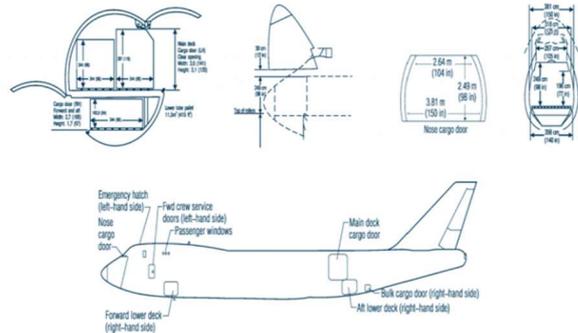


Рис. 6. Общий вид самолета Boeing 747-8F

Согласно [15] Правила перевозки фенола воздушным транспортом предусматривают затаривание фенола жидкого в грузовом воздушном судне в пластиковых баках объемом 60 л (инструкция по упаковыванию №662) или металлических бочках типа 1A1 объемом 220 л (инструкция по упаковыванию №663).

Тогда на верхней грузовой (главной) палубе самолета можно разместить в центральной части 41 поддон по длине в три ряда; дополнительно в носовой части 4 поддона в 2 ряда и 1 поддон в два ряда в хвостовой части фюзеляжа. В переднем нижнем отсеке размещается 4 паллеты в один ряд, в заднем нижнем отсеке – 3 паллеты в один ряд, рис. 7.



Рис. 7. Схема размещения финпаллет с бочками в грузовых отсеках самолета Boeing 741-8F



Таким образом, заполняя полную грузоподъемность в самолете можно разместить 140 финпаллет по 4 бочки типа 1A1 на каждой паллете. Принимая во внимание, что масса фенола в бочке равна 211 кг, вес финпаллета 24 кг, а собственный вес бочки 1A1 составляет 18,2 кг, общий вес транспортного пакета будет составлять: $24 + 4 \cdot (211 + 18,2) = 940,8$ кг. Тогда общий вес груза брутто составит: $940,8 \cdot 140 = 131712$ кг. Вес перевозимого фенола нетто составит: $140 \cdot 4 \cdot 211 = 118160$ кг.

Заключение

Общий экспорт фенола в Индию в среднем составляет 200 тыс. т/год. Потребителями фенола в Индии являются предприятия: 7 крупных машиностроительных, более 10 нефтепереработки, около 14 химических и 18 фармацевтических производств. Предприятие HINDUSTAN AERONAUTICS LIMITED CORPORATION в г. Бангалор потребляет около 7200 т/год жидкого фенола или 600 т/мес.

Таким образом, общее потребное количество железнодорожных цистерн составит 120 цистерн в год по 10 цистерн на 60 тонн месячной поставки.

Перевозка в танк-контейнерах потребует 286 контейнеров по 25,175 тонн на 143 автовозах или железнодорожных платформах.

Для перевозки фенола автомобильным транспортом необходимо использовать:
 $7200 : 30 = 240$ автоцистерн.

Потребное число бочек составит 34124 шт. по 211 кг. Для перевозки годовой партии фенола воздушным транспортом необходимо: $7200 : 118,16 = 60,9$, т.е. 61 рейс в год. Число вылетов в месяц составит 5 и один месяц в году по 6 рейсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

1. ГОСТ 23519-93. Фенол синтетический технический. Технические условия. Принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 15.04.94 № 2. М.: ИПК Издательство стандартов 1996 г., 23 с.
2. ГОСТ 12.1.005-88, Группа Т58. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Стандартинформ, 2008, 56с.
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 02.03.2022)
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 05.03.2022)
 13. Химические цистерны [Электронный ресурс]. URL: <https://autobau-tank.ru/химические-цистерны>. (дата обращения 07.03.2022)
 14. Boeing 747-8 [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Boeing_747-8. (дата обращения 07.03.2022)
 15. Doc 9284 ИКАО, AN/905. Технические инструкции по безопасной перевозке опасных грузов по воздуху. Утверждены Советом ИКАО и опубликованы по его решению. Издание 2015–2016 гг., 1106 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Уголков Сергей Вячеславович —

кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры

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

E-mail: uglkvserg@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ugolkov Sergey Vyacheslavovich —

PhD. milit. Sciences, associate Professor, associate Professor

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

E-mail: uglkvserg@mail.ru