

О.Я. Черемных

ОАО «Уралкриомаш», Восточное шоссе, 24, г. Нижний Тагил, РФ, 622051

e-mail: cryont@cryont.ru

СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО И ЗАПРАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ «ВОСТОК»

12 апреля 1961 года ракетой-носителем «Восток» на орбиту искусственного спутника Земли был выведен пилотируемый космический корабль «Восток» с первым космонавтом Земли — гражданином СССР Ю.А. Гагариным. Ракета «Восток» — первая космическая ракета-носитель для пилотируемых полётов. Успешный старт ракеты-носителя «Восток» был обеспечен созданным уникальным криогенным наземным комплексом, осуществившим доставку криогенных компонентов топлива и их заправку в баки ракеты-носителя. Сообщается о разработках корпорацией «Уралвагонзавод», в недрах которой зародилось известное предприятие «Уралкриомаш», транспортного и стационарного криогенного оборудования, обеспечившего выполнение поставленной задачи и приоритет нашей страны в освоении космоса.

Ключевые слова: Жидкий кислород и азот. Ёмкости-хранилища для жидких кислорода, азота. Железнодорожный агрегат-транспортёр жидкого кислорода. Цистерна-заправщик жидким кислородом. Поезд-транспортёр жидкого кислорода. Поезд-заправщик жидким кислородом. Система заправки жидким кислородом. Ракетно-космический комплекс. Ракетно-космическая система.

О. Ya. Cheremnikh

CREATING OF TRANSPORT AND FILLING EQUIPMENT FOR LAUNCHER «VOSTOK»

April 12, 1961 launcher «Vostok» in orbit artificial Earth satellite was launched manned spacecraft «Vostok» by the first cosmonaut of the Earth is a citizen of the USSR Yu.A. Gagarin. Launcher «Vostok» — the first space launch vehicle for manned flight. The successful launching of the «Vostok» was provided by created unique cryogenically earth-based complex, to delivery of cryogenic components propellants and their filling the tanks of the launcher. Reports about corporation projects «Uralvagonzavod», which originated in the depths of the well-known enterprises «Uralkriomash», transportation and stationary cryogenic equipment, to ensure execution of the task and the priority of our country's space exploration.

Keywords: Liquid oxygen and nitrogen. Storage tanks for liquid oxygen, nitrogen. Rail assembly-transporter of liquid oxygen. Tanker refueller of liquid oxygen. Train-transporter of liquid oxygen. A train refueller of liquid oxygen. Liquid oxygen filling system. Rocket and space complex. Rocket-space system.

1. ВВЕДЕНИЕ

Первые в СССР транспортные средства доставки жидкого кислорода, азота и последующей заправки этими компонентами ракеты-носителя Р-7 и её таких модификаций, как «Спутник», «Восток», «Восход», были разработаны и изготовлены ОАО «Уралкриомаш» корпорации «Уралвагонзавод» в период 1954-1961 гг. [1-3].

На базе ракеты Р-7 в конце 1958 г. коллективом ОКБ-1 (РКК «Энергия») была создана трёхступенчатая ракета-носитель «Восток» (8К72), которая поз-

волила осуществить полёт к Луне и запуск человека в космос [4].

Стартовая масса ракеты-носителя «Восток» составляла 287 т, тогда как масса полезного груза — 1850 кг.

Ракету-носитель необходимо было заправить топливом в количестве 258 т, в том числе жидким кислородом (159 т) и жидким азотом для технологических целей (21 т) в течение 20 мин.

В 1954 г. «Уралвагонзавод» освоил серийный выпуск железнодорожных цистерн мод. 8Г52 для доставки жидкого кислорода на ракетные комплексы и зап-

равки им ракет Р-1 и Р-2 (фото 1 и рис. 2).

Однако к этому времени С.П. Королёв разработал свою легендарную ракету Р-7, для заправки которой цистерна 8Г52 не годилась в качестве заправщика ни по рабочему давлению, ни по темпам заправки.



Фото 1. Железнодорожная цистерна модели 8Г52 для транспортирования и заправки жидким кислородом ракет-носителей Р-1, Р-2

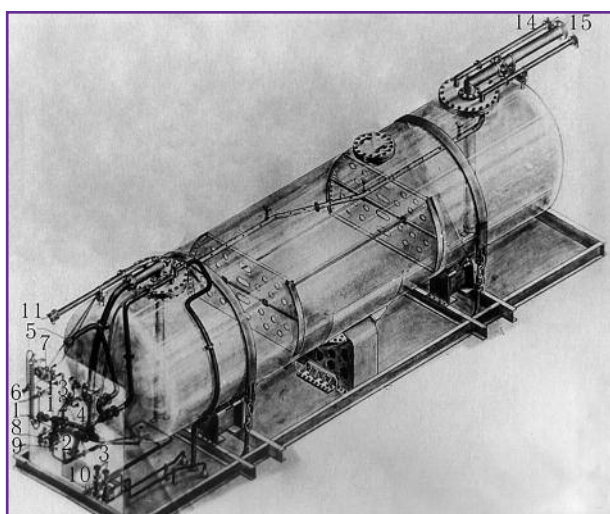


Рис. 2. Железнодорожная цистерна 8Г52 в разрезе:
1 — вентиль наполнения и слива; 2 — штуцер наполнения и слива; 3 — вентиль испарителя; 4 — вентиль выхода газа; 5 — штуцер выхода газа; 6, 7 — вентили указателей уровня; 8, 9 — пробки обогревателя трубопровода к указателям уровня; 10 — анализный кран; 11 — штуцер предварительного охлаждения; 12, 13 — краны манометров; 14 — штуцер наполнения $\varnothing 150$; 15 — штуцер выхода газа

Главный конструктор наземного оборудования ракетно-космического комплекса В.П. Бармин поручил Уралвагонзаводу создание заправщиков жидкого кислорода и азота для ракеты-носителя Р-7. Задача была очень сложной, так как в баки ракеты нужно было заправить 159 т жидкого кислорода с расходом его 5000-6000 л/мин и подачей на высоту 32 м. При этом заправочные средства должны были оставаться подвижными, так как поставленные перед С.П. Королёвым сроки начала пусков ракеты-носителя не позволяли осуществить переоборудование стартовых комплексов на полигонах «Байконур» и «Плесецк»

(фото 3) под стационарные заправочные средства. Кроме того, учитывая, что ракета-носитель заправлялась кипящим кислородом, а её баки (для снижения массы) не имели теплоизоляции, после заправки ракеты до нужного уровня, требовалось — вплоть до момента её взлета — производить подпитку баков для компенсации потерь от испарения жидкого кислорода. Для этого основную заправку с указанными высокими расходами должны были осуществить агрегаты-заправщики, удаляемые со стартовой площадки после достижения требуемого уровня, а подпитку жидким кислородом — относительно малорасходные агрегаты-дозаправщики, установленные под защитным козырьком и находящиеся на стартовом комплексе и после пуска ракеты-носителя.

<p>«УТВЕРЖДАЮ» ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>В.П. Бармин</i> «27...1954 г.»</p>	<p>«СОГЛАСОВАНО» ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР НИИ-88 МОП <i>С.П. Королёв</i> «28...1954 г.»</p>	<p>«СОГЛАСОВАНО» НАЧАЛЬНИК 4-го УПРАВЛЕНИЯ ЗКА <i>Л. Прошкин</i> «29...1954 г.»</p>
---	--	---

250

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на разработку экспериментальных полигонных железнодорожных агрегатов заправки изделия Р7. жидким кислородом.

1. Назначение

Агрегаты заправки жидким кислородом предназначаются для доставки на стартовую позицию и хранения жидкого кислорода, заправки им изделия, установленного на стартовой системе и слива, в случае необходимости, жидкого кислорода из изделия.

II. Основные требования

1. Агрегаты заправки должны обеспечивать:

а) доставку на стартовую позицию не менее 240 тонн жидкого кислорода;

б) заправку жидким кислородом изделия, установленного на стартовой системе, с общей производительностью 5000-6000 л/мин. при подаче жидкого кислорода на высоту 32 метра;

в) слив, в случае необходимости, жидкого кислорода из изделия, установленного на стартовую систему;

00379 00806

Фото 3. Титульный лист Технического задания на агрегат-заправщик ракеты-носителя Р-7 жидким кислородом

2. СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЗАПРАВКИ ЖИДКИМ КИСЛОРОДОМ И АЗОТОМ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ Р-7 С КОСМИЧЕСКИМ КОРАБЛЕМ «ВОСТОК»

Стартовый комплекс ракеты-носителя Р-7 включал в себя следующее технологическое оборудование для заправки баков ракеты криогенными компонентами (рис. 4):

- заправщики жидким кислородом 8Г117;
- дозаправщик жидкого кислорода 8Г118;
- заправщик и дозаправщик жидкого азота 8Г128;
- транспортные цистерны с жидким кислородом 8Г52;

— транспортные цистерны с жидким азотом 8Г54.

Требуемый расход при заправке обеспечивался четырьмя насосами ЦН-24 разработки НИИ «Гидромаш» (г. Москва). Для размещения общего количества заправляемого жидкого кислорода, с учётом потерь на захлаживание заправочных коммуникаций и баков ракеты-носителя, требовалась вместимость восьми цистерн 8Г52. Поэтому было принято решение изготавливать агрегат 8Г117 с максимально возможной по условиям вписывания в железнодорожные кривые длиной (около 25 м по осям автосцепок — как у пассажирских вагонов), и на железнодорожную платформу устанавливать не одну, а две ёмкости. Масса агрегата увеличилась, поэтому рама платформы опиралась не на обычные двухосные вагонные тележки, а на четырёхосные. В пространстве между ёмкостями размещался заправочный отсек с насосом ЦН-24 и органы управления (маховики запорной и регулируемой арматуры), а на стенках размещались контрольно-измерительные приборы (рис. 5). Для обеспечения нужного для насоса подпора жидкости агрегат 8Г117 оснащён испарителем из двух медных радиаторов с принудительным обдувом воздухом от центробежного вентилятора.

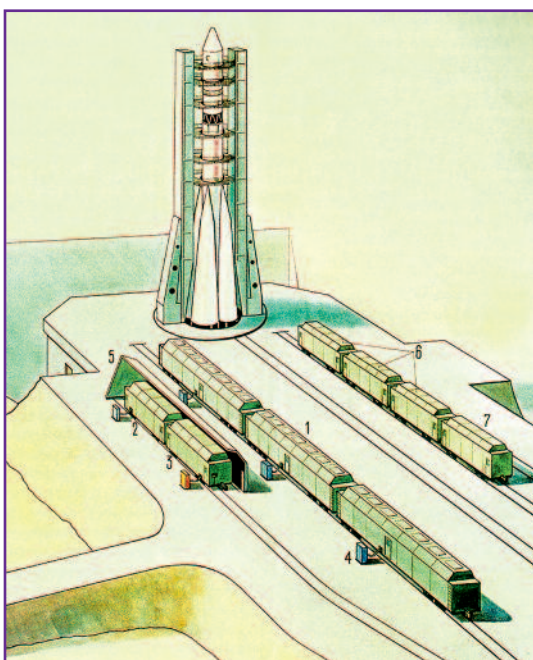


Рис. 4. Стартовый комплекс ракеты-носителя Р-7 («Восток») с агрегатами поезда-заправщика 8Г60: 1 — заправщик жидкого кислорода 8Г117; 2 — заправщик и дозправщик жидкого кислорода 8Г118; 3 — заправщик и дозправщик жидкого азота 8Г128; 4 — колонка перелива кислорода; 5 — защитное укрытие для агрегатов-дозправщиков; 6 — транспортные хранилища жидкого кислорода 8Г52; 7 — транспортные хранилища жидкого азота 8Г54

Заправленные жидким кислородом и азотом на станции перелива из железнодорожных цистерн

8Г52 и 8Г54 агрегаты 8Г117, 8Г118, 8Г128 доставлялись к стартовым площадкам и пристыковывались к заправочным колонкам и кабелями — к электрощитам. При необходимости они могли дозаправиться жидким кислородом из находящихся на площадке цистерн 8Г52.

Дозаправщик жидкого кислорода 8Г118 по внешнему виду почти не отличается от железнодорожной цистерны 8Г52: такая же железнодорожная платформа, теплоизоляционный кожух, наружная защита, две будки — арматурная и проводника. Однако внутренний сосуд, как и у предыдущего агрегата, имеет патрубок нижнего слива, к которому подключены два криогенных насоса ЦН-61. Один из насосов для повышения надёжности является резервным.

Для заправки, дозаправки баков ракеты-носителя жидким азотом был создан агрегат 8Г128. По внешнему виду, основным техническим характеристикам и конструкции ёмкости, кожуха, теплоизоляции, арматуры и приборов он идентичен железнодорожной цистерне 8Г54 и отличается от неё лишь тем, что оснащён двумя испарителями (один — резервный) радиаторного типа и имеет дистанционно управляемые клапаны слива и подачи жидкости в испаритель.

Заправка баков осуществляется методом выдавливания парами жидкого азота от испарителя. Темп её регулируется клапаном подачи жидкости в испаритель, который работает в автоматическом режиме по сигналам от сигнализаторов давления.

Главный недостаток всех этих заправочных средств — несовершенная теплоизоляция, приводящая к потерям криогенных жидкостей от самоиспарения: на новых агрегатах — до 5 % в сутки, а через 2-3 года эксплуатации (за счёт увлажнения мипоры и в связи с этим увеличения коэффициента теплопроводности изоляции) — до 7-10 % в сутки.

В то время наиболее крупные кислородные заводы находились в центре европейской части СССР (в Подмосковье, Минске, Днепропетровске и др.). Оттуда железнодорожные цистерны приходили на стартовые площадки полупустыми, и поэтому требовался огромный их парк.

Однако эта проблема могла быть решена применением более эффективной криогенной теплоизоляции: вакуумно-порошковой или экранно-вакуумной. К сожалению, она была в то время освоена только на небольших лабораторных сосудах. Однако все понимали, что внедрение промышленных технологий и конструкций в изготовление крупногабаритного оборудования — научно-технологическая революция в нашей промышленности, тем более в транспортном машиностроении.

Постановлением Правительства СССР было предписано «осуществить подготовку и запуск космического корабля «Восток» (ЗКА) с человеком на борту в декабре 1960 г. и считать это задачей особого значения» [5]. В связи с этим после дебатов в научных кругах и правительственных структурах было принято решение: на период отработки вакуумных технологий на Уралвагонзаводе разработать и производить спе-

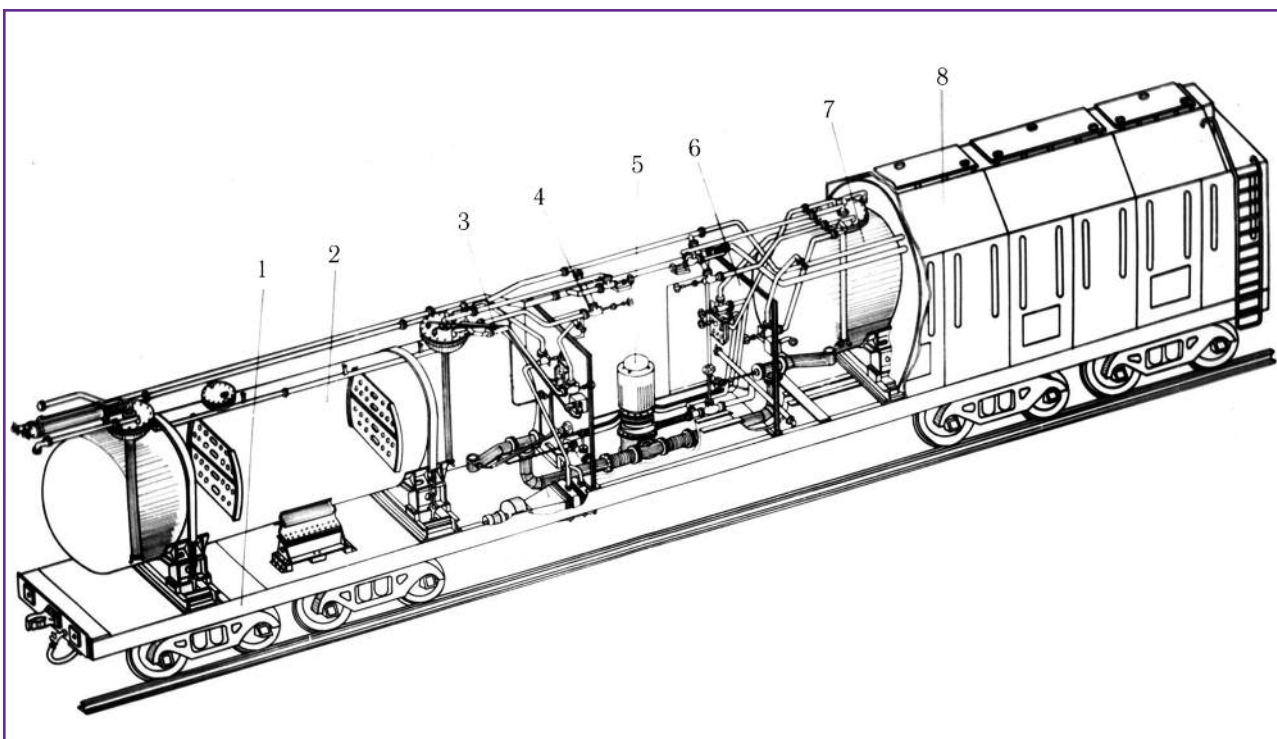


Рис. 5. Железнодорожный агрегат-заправщик (модель 8Г117) жидким кислородом ракеты-носителя Р-7 в разрезе: 1 — платформа; 2 — сосуд; 3 — испаритель; 4 — система коммуникаций; 5 — электронасос; 6 — щит арматурный; 7 — сосуд; 8 — защита

циальные поезда для перевозки жидкого кислорода и заправки им баков ракеты-носителя Р-7 с блоком Е («Восток»). В них постоянно следовало вырабатывать жидкий воздух, и в специальных теплообменниках за счёт разности температур между температурами кипения его и жидкого кислорода — пары последнего конденсировать.

В состав таких поездов должны были входить, кроме цистерн-транспортировщиков или цистерн-заправщиков (дозаправщиков), также вагоны с компрессорным и детандерным оборудованием, блоками ожижения воздуха, дизель-электростанцией, вагоном ЗИП. Все агрегаты поезда соединялись между собой гибкими металлорукавами и электрическими кабелями.

3. ТРАНСПОРТНЫЕ И ЗАПРАВОЧНЫЕ ПОЕЗДА ЖИДКОГО КИСЛОРОДА 8Г89 И 8Г60 С ОБРАТНОЙ КОНДЕНСАЦИЕЙ ПАРОВ

К моменту окончания лётной отработки космического корабля «Восток» было произведено более 46 пусков ракеты-носителя Р-7 (I-ой и II-ой ступеней ракеты 8К71) и 16 запусков блока Е (III-ья ступень ракеты-носителя 8К72 [5].

Такая частота запусков ракеты Р-7 требовала бесперебойного обеспечения жидким кислородом и азотом стартового комплекса.

Началась разработка усовершенствованных передвижных средств транспортирования и заправки жидкого кислорода — поездов 8Г59 и 8Г60.

Поезд-транспортировщик 8Г59 (фото 6) жидкого кислорода включал в себя девять цистерн-хранилищ

жидкого кислорода 8Г61, агрегаты компрессорный 8П211, технологический 8П212, вагон ЗИП 8П217.

Поезд-заправщик 8Г60 вместо девяти указанных выше цистерн имел в своем составе шесть агрегатов-заправщиков 8Г0117 и дозаправщиков 8Г0118. Все агрегаты поездов соединялись между собой гибкими металлорукавами.

Цистерна-хранилище 8Г61 была аналогична 8Г52, но оборудована испарителем радиаторного типа, а от магистрали газосброса имелись отводки: на магистраль межвагонного соединения, объединяющую газосбросы всех девяти цистерн и подающую пары жидкого кислорода в технологический агрегат для конденсации, и на магистраль перекачки конденсата из технологического агрегата.



Фото 6. Поезд-транспортировщик жидкого кислорода модели 8Г59

При транспортировании и хранении жидкого кислорода в поездах 8Г59 и 8Г60 давление в цистер-

нах-хранилищах поддерживалось на уровне 0,03 МПа. Конденсат, по мере его накапливания в технологическом агрегате 8П212, поочередно перекачивался в цистерны-хранилища.

В компрессорном агрегате 8П211 и технологическом 8П212 осуществлялся известный в технике цикл получения жидкого воздуха с использованием поршневых компрессоров, детандера и теплообменников. Технологическое оборудование агрегатов 8П211 и 8П212 размещалось внутри цельнометаллических кузовов, внешне похожих на дизельные вагоны рефрижераторных поездов.

В технологическом агрегате 8П212 получаемый жидкий воздух поступал в путевой теплообменник, туда же встречным потоком подавались пары кислорода от цистерн-хранилищ. Теплообменник монтировался в паровой рубашке ёмкости обратной конденсации объёмом 18 м³, вмещающей до 15,6 т жидкого кислорода. По мере её заполнения до предельного уровня охлаждённый конденсат жидкого кислорода под давлением 0,8 МПа перекачивался поочередно в цистерны-хранилища.

По прибытии поезда-транспортёрщика жидкого кислорода на ракетно-космический комплекс происходила заправка жидким кислородом агрегатов-заправщиков 8Г0117 и агрегата-дозаправщика 8Г0118 из цистерн-хранилищ 8Г61. Одновременно заправлялся жидким азотом агрегат-заправщик 8Г128 из цистерны-хранилища 8Г54. Доставка на стартовый комплекс осуществлялась отдельным составом.

Поезд-заправщик с заполненными жидким кислородом агрегатами 8Г0117 и 8Г0118, соединёнными между собой и агрегатами 8П211 и 8П212 гибкими металлорукавами, обеспечивал хранение жидкого кислорода без потерь в период подготовки ракеты-носителя к пуску.

После установки ракеты-носителя на пусковой стол агрегаты из состава поезда выводились и затем устанавливались на стартовом комплексе для заправки баков ракеты жидким кислородом и азотом (рис. 4).

По завершении заправки баков ракеты-носителя агрегаты-заправщики 8Г0117, цистерны-хранилища 8Г61 удалялись со стартовой площадки, а подпитку жидкими кислородом и азотом для компенсации потерь от испарения осуществляли агрегаты-дозаправщики 8Г0118 и 8Г0128, установленные под защитным козырьком и находящиеся на стартовом комплексе и после пуска ракеты-носителя. В период подготовки к запуску космического корабля «Восток»(ЗКА) с человеком на борту в период 1960-1961 гг. с помощью подвижных заправочных средств 8Г59 и 8Г60 были успешно решены задачи по запуску кораблей, предшествовавших «Востоку» (ЗКА):

— запуск корабля-спутника (1КП) — 15 мая 1960 г.;

— запуск корабля с подопытными собаками Белкой и Стрелкой, которые 20 августа 1960 г. благополучно были возвращены с орбиты на Землю;

— запуск корабля ЗКА № 1 с собакой Чернушкой и биологическими объектами — 9 марта 1961 г.;

— запуск корабля ЗКА № 2 с собакой Звездочкой — 25 марта 1961 г.

Этот пуск завершил экспериментальную отработку пилотируемого космического корабля «Восток» (ЗКА) в лётных условиях.

12 апреля 1961 г. в 9 ч 06 мин 59,7 с стартовал космический корабль ЗКА № 3 массой 4725 кг, получивший название в печати «Восток», с лётчиком-космонавтом *Ю.А. Гагариным*. Космический корабль был выведен ракетой-носителем 8К72 (впоследствии названной РН «Восток») со стартовой массой 287 т на орбиту с перигеем 181 км и апогеем 327 км [5].

4. СТАЦИОНАРНАЯ СИСТЕМА ЗАПРАВКИ ЖИДКИМ КИСЛОРОДОМ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ Р-7

Использование способа обратной конденсации жидкого кислорода парами жидкого воздуха, несмотря на колоссальные затраты, не смогло полностью ликвидировать потери жидкого кислорода при транспортировании и хранении в агрегатах 8Г61, 8Г0117, 8Г0118. Через два-три года за счёт увлажнения мипоры установка обратной конденсации жидкого кислорода уже не справлялась с теплопритоками к жидкому кислороду из окружающей среды. Оптимальные суточные потери жидкого кислорода в поездах 8Г59, 8Г60 составляли 0,5 %. Это представляло теоретическую величину потерь его в цистернах-хранилищах с теплоизоляцией на основе вакуума.

Для выведения на орбиту космического корабля второго поколения коллектив РКК «Энергия» создал к 1966 г. ракетно-космическую систему «Союз» в составе трёхступенчатой модернизированной ракеты-носителя Р-7 с дополнительной ступенью (блок И). РКС «Союз» могла вывести в космос трёхместный космический корабль. Учитывая, что к этому времени Уралвагонзавод уже освоил выпуск ёмкостей с вакуумной изоляцией объёмом 74 и 32 м³, Совет министров СССР 25 декабря 1964 г. принял Постановление, обязывающее, взамен передвижных заправочных средств для ракеты-носителя Р-7, создать стационарную систему заправки, получившую индекс 11Г722. Система не требовала подготовки её коммуникаций перед каждой заправкой, отстыковки и эвакуации средств заправки перед пуском ракеты и позволила существенно сократить численность обслуживающего персонала.

Система заправки 11Г722 (рис. 7) состоит из хранилищ жидких кислорода 1 и азота 2, насосного отделения с испарительными агрегатами, коммуникаций заправки с арматурой и контрольно-измерительными приборами. Хранилище системы состоит из пяти ёмкостей на 74 м³ для жидкого кислорода (фото 8) и одной на 30 м³ для жидкого азота, размещённых в помещении, защищённом от действия газовой струи при пуске ракеты. Величина суточных потерь жидкого кислорода от теплопритоков к ёмкости объёмом 74 м³ составила 0,2 % при засыпке чистым аэрогелем и не более 0,1 % — при засыпке смесью аэрогеля с брон-

зовой пудрой. В насосном отделении установлены четыре электронасоса ЦН-24 и испарительный агрегат с четырьмя радиаторными испарителями для наддува ёмкостей с жидким кислородом и двумя — для заправки ракеты-носителя жидким азотом.

На сливных трубопроводах кислородных ёмкостей установлены вентили с электроприводом, а на магистрали закольцовки — клапан для автоматического регулирования давления заправки. Технология подготовки и заправки баков ракеты-носителя аналогична технологии заправки ракеты агрегатами 8Г117, 8Г118 и 8Г128. После ввода в эксплуатацию системы 11Г722 поезда 8Г59, 8Г60 некоторое время ещё использовались в качестве резервных заправочных средств (за период 1960-1962 гг. их было изготовлено 16 комплектов), но вскоре были списаны.

Система заправки 11Г725 после небольшой модернизации успешно эксплуатируется более 40 лет при гарантийном сроке в 10 лет, обеспечивая успешные старты новых Союзов и Прогрессов.

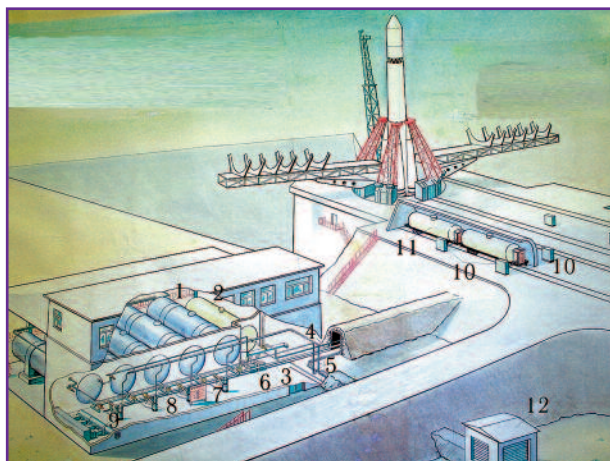


Рис. 7. Стартовый комплекс на основе стационарной системы заправки жидким кислородом и азотом ракеты-носителя «Союз» модели 11Г722:

1 — ёмкость кислородная; 2 — ёмкость азотная; 3 — магистраль заправки кислородом; 4 — магистраль заправки азотом; 5 — магистрали дренажные; 6 — испаритель азотный; 7 — щит КИП; 8 — насос ЦН-24М; 9 — испаритель кислородный; 10 — заправочные колонки; 11 — цистерна 8Г513 (8Г512); 12 — дренажный колодец



Фото 8. Ёмкость-хранилище жидкого кислорода системы заправки 11Г722

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешный старт ракеты-носителя «Восток» с первым космонавтом Земли Ю.А. Гагариным явился началом нового этапа в освоении космоса с помощью пилотируемых полётов.

Старты ракеты-носителя Р-7 и её модификаций — «Спутник», «Восток», «Восход», «Союз» были обеспечены созданным коллективом инженеров-конструкторов, технологов, рабочих Уралвагонзавода уникальным наземным криогенным комплексом, осуществившим доставку и заправку баков ракеты-носителя криогенными компонентами топлив.

При создании наземного заправочного криогенного комплекса был успешно решён целый ряд научных и технических проблем в области криогенной техники.

Прежде всего был решён вопрос доставки на стартовый комплекс жидких кислорода и азота в промышленных масштабах в железнодорожных цистернах 8Г52, 8Г54, 8Г512, выпуск которых на Уралвагонзаводе, начиная с 1954 г., составлял до 150 единиц в год.

Разработаны технология и конструктивное решение заправки жидким кислородом ракеты-носителя специальными поездами с минимальными потерями продукта в процессе транспортирования и хранения его на стартовой площадке за счёт обратной конденсации паров кислорода в хранилищах транспортных и заправочных поездов.

Созданный метод хранения кислорода с минимальными потерями получил своё развитие в дальнейшем при создании стартовых комплексов для ракеты-носителя Р-9 и других.

Для создания эффективных транспортных и стационарных ёмкостей для жидкого кислорода и азота на основе порошково-вакуумной теплоизоляции был проведён большой объём научно-исследовательских работ. Были решены вопросы:

- допустимого натекания в теплоизоляционное пространство ёмкости;
- степени уплотнения теплоизоляционного порошка-аэрогеля (геля кремниевой кислоты), перлита и смеси аэрогеля с бронзовой пудрой;
- глубины вакуумирования для различных объёмов;
- температуры прогрева теплоизоляции.

Был проведён поиск материалов с наименьшим газоотделением в вакууме для опорных элементов. Исследовались степени расслоения смесей теплоизоляционных порошков, влияние содержания влаги в теплоизоляционных порошках на процесс вакуумирования. Разработана оптимальная конструкция адсорберов (устройств для поглощения газов при низких температурах для углубления и поддержания необходимой степени вакуума в изоляции).

Результатом комплекса проведённых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ явилось создание транспортных средств доставки жидкого кислорода и азота с помощью железнодо-

рожных цистерн 8Г512, 8Г513, 8Г513М, срок эксплуатации которых в настоящее время подходит к 45 годам, а также стационарных хранилищ жидкого кислорода объемом 74 м³ и жидкого азота объемом 30 м³ для системы заправки 11Г772, срок эксплуатации которой превышает 45 лет. Эти примеры говорят о правильности принятых конструктивных решений при разработке транспортных цистерн и стационарных хранилищ для криогенных жидкостей: кислорода, азота, аргона, водорода, СПГ и др.

Это позволило создать современный парк криогенного оборудования, в который входят:

– железнодорожные цистерны 15-558С-01 и 15-558С-02;

– контейнеры-цистерны для транспортирования водорода, кислорода, азота размером 20, 30 и 40 футов;

– стационарные хранилища для криогенных компонентов с различными объемами до 250 м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко С.Т., Черемных О.Я. «Уралвагонзавод» приблизил начало космической эры// Технические газы. — 2007. — № 3. — С. 19-22.

2. Захляпин Р.А., Черемных О.Я. Создание транспортных и стационарных средств для доставки и хранения сжиженных газов// Технические газы. — 2006. — № 1. — С. 20-26.

3. ОАО «Уралкриомаш» — малая Земля Вагонки. — Екатеринбург: СВ-96, 2004. — 208 с.

4. Уманский С.П. Ракеты-носители. Космодромы. — М.: Рестар+, 2001. — 216 с.

5. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева. Раздел 3. Создание межконтинентальных баллистических ракет. Первые пилотируемые космические корабли «Восток», «Восход». — М.: Моносовполиграф, 1996. — 670 с.

ОДИННАДЦАТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГАЗОВЫЙ ФОРУМ

МИР СЖИЖЕННЫХ И СЖАТЫХ ГАЗОВ '2011



• ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПГ, СУГ, СПГ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ; газобаллонное и газозаправочное оборудование; инжиниринговые и автомобильные газы;

• СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННЫХ И СЖАТЫХ ГАЗОВ;

• СИСТЕМЫ ГАЗИФИКАЦИИ;

• КОМПРЕССОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ;

• ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ И ОЧИСТКИ ГАЗОВ;

• КРИОГЕННЫЕ И ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ;

• ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА;

• КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ И МНОГОВЕЩЕВЬЕ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩИЕ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ.

15-17 ИЮНЯ

УКРАИНА, КИЕВ
ул. САЛЮТНАЯ, 2Б
СТ. М. «НИВКИ»



КИЕВЭКСПОПЛАЗА

ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ "МЭДВИН":
Тел./факс: (044) 501-03-42,
501-03-44,
501-03-66.
E-mail: mail@medvin.kiev.ua
www.medvin.kiev.ua

ГАЗОВАЯ АССОЦИАЦИЯ УКРАИНЫ



Генеральный спонсор:



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ:

СПЕЦИАЛЬНЫЙ МЕДИА-ПАРТНЕР:



Современная АЭС



Газ & Нефть



НЕФТЕРЫНОК



