

АВТОНОМНЫЙ РЕФРИЖЕРАТОРНЫЙ КОНТЕЙНЕР С СИСТЕМОЙ АЗОТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Описание проблемы и постановка задачи. Перевозка грузов, требующих особого температурного режима, на сегодняшний день является одним из наиболее динамично развивающихся сегментов транспортного рынка. С ростом населения и повышением уровня жизни все более возрастает потребность в перевозке продуктов питания, компонентов и готовых препаратов химической и фармацевтической промышленности, электроники и приборов, чувствительных к резкому перепаду температур. Все эти товары относятся к категории высокоценных, а, следовательно, допускают применение повышенного уровня тарифов. По этой причине в континентальной наземной перевозке они являются предметом острой конкуренции различных видов транспорта. Следует учесть, что при общем росте объемов перевозок данных категорий грузов имеется тенденция к уменьшению объемов отдельных партий. Перевозки мелких и средних партий ценных скоропортящихся грузов традиционно являются нишей транспортного рынка, в которой наиболее успешно себя проявляют автомобильный и воздушный транспорт. Освоение этого сегмента транспортного рынка железнодорожными перевозчиками затрудняется рядом факторов:

- фактически полный выход из эксплуатации устаревшего изотермического подвижного состава – рефрижераторных вагонов и секций, очень низкий спрос на разработку и внедрение новых моделей из-за уменьшения объема партий;
- сложная технология и более долгий срок перевозки, превышающий срок транспортабельности скоропортящихся грузов;
- невозможность доставки «от двери до двери».

В современных условиях практически единственной альтернативой устаревшим рефрижераторным вагонам является рефрижераторный контейнер, который совмещает в себе высокий уровень сохранности перевозимых грузов, воз-

возможность интермодальной перевозки, вариативность по величине партии, широкий диапазон температурных режимов (перевозка охлажденных, замороженных, глубокомороженных грузов; перевозка с подогревом; перевозка с постоянным температурным режимом), а также возможность интеграции с дополнительными устройствами, повышающими качество транспортировки (температурные датчики, датчики слежения, электронные пломбы, устройства IoT).

Существующие наиболее передовые технологии контейнерных перевозок, в частности, прямые ускоренные контейнерные поезда, позволяют значительно сократить срок доставки и успешно конкурировать с автомобильным транспортом по стоимости и скорости перевозки, а с воздушным – по стоимости, размеру партий и номенклатуре перевозимых грузов.

Однако перевозка в рефрижераторных контейнерах на железнодорожном транспорте имеет ряд технических и технологических ограничений, препятствующих активному освоению рынка перевозок грузов, требующих особого температурного режима:

- необходимы специализированные фитинговые платформы, укомплектованные силовыми кабелями с розетками для питания рефрижераторных установок контейнеров, а также для каждого сцепа фитинговых платформ нужен дизель-генераторный вагон от рефрижераторной секции;
- нужны специально оборудованные системами энергоснабжения площадки для хранения таких контейнеров;
- технология железнодорожных перевозок предполагает неоднократное перемещение рефрижераторного контейнера в процессе выполнения грузовых операций с отключением от системы питания;
- рефрижераторное оборудование контейнера энергозатратное, сравнительно тяжелое и объемное, что увеличивает массу тары и снижает коэффициенты использования грузоподъемности и вместимости технического средства перевозки.

Существующие системы автономного энергопитания рефрижераторных контейнеров – навесные дизель-генераторы (дженсеты) – дороги в эксплуатации,

имеют большую массу, требуют специального монтажа, заправки топливом (емкость бака около 460 л). При номинальном расходе 3 л/ч максимальный пробег контейнера без дозаправки составляет около 5 суток.

Разработка принципиальной конструкции рефрижераторного контейнера, позволяющей преодолеть эти ограничения, и является целью данной работы. Основные требования, которым должно удовлетворять решение, могут быть сформулированы следующим образом:

- контейнер должен иметь экономичную и экологичную рефрижераторную установку, обеспечивающую нужный температурный режим;
- рефрижераторная установка не должна быть громоздкой и объемной, ухудшать коммерческие характеристики грузового отсека;
- система питания контейнера должна быть автономной, не требовать подключения к источнику питания на достаточно долгие промежутки времени, сопоставимые с временем транспортировки контейнера;
- система эксплуатации таких контейнеров должна предусматривать экономичный и экологичный способ зарядки автономной системы питания рефрижератора.

Предлагаемое решение системы охлаждения рефрижераторного контейнера. Существующие модели рефрижераторных контейнеров с машинным охлаждением или отоплением оснащают холодильной установкой (механический компрессор, абсорбционная установка и т. п.) или обогревательным устройством.

Предлагаемым решением является применение проточных систем охлаждения на основе жидкого и газообразного азота с питанием от бесперебойного источника питания.

Проточные системы на основе жидкого и газообразного азота находят промышленное применение в автомобильном и железнодорожном транспорте для перевозок широкого ассортимента пищевых продуктов в охлажденном или замороженном виде. В конце 80-х Брянским машиностроительным заводом сов-

местно с НПО «Гелиймаш» были изготовлены три вагона с жидкоазотной системой, которые успешно прошли испытания и некоторое время находились в эксплуатации, подтвердив на практике пригодность этой технологии для железнодорожных перевозок. Однако для работы в рефрижераторных контейнерах эта технология не применялась.

Общая суть технологии такова: жидкий азот из криогенного сосуда (рисунок 1) по системе трубопроводов подается под давлением к форсункам и разбрызгивается в виде тумана. Заданный уровень температур в кузове поддерживается автоматически.



Рисунок 1 – Криогенный сосуд с жидким азотом

В рефрижераторных контейнерах предлагается использовать новую систему азотного охлаждения на базе применения эжектора разработки АО «Криогенная технология» (г. Москва). Система азотного безмашинного охлаждения САБО-2 предназначена для работы:

- в большегрузных автомобильных изотермических полуприцепах;
- в изотермических контейнерах;
- в стационарных изотермических хранилищах.

Система САБО-2 (рисунок 2) состоит из двух вертикальных криогенных цистерн в специальном транспортном исполнении, емкостью 2,2 м³ жидкого азота.

Жидкий азот из емкостей проходит через теплообменник, где исправляется за счет теплопротоков от охлаждаемого груза и подается на эжекторы распределительного коллектора. В случае необходимости ускорения процесса захлаживания имеется обводной трубопровод жидкого азота, проходящий мимо теплообменника. В этом случае, при работе в форсированном режиме, жидкий азот подается в охлаждаемое помещение через эжекторы; отличительной особенностью конструкции распределительного коллектора является его продольное расположение вдоль камеры и обеспечение равномерного поперечного обтекания струей газообразного азота, подаваемого через эжекторы, установленные на сравнительно небольших расстояниях друг от друга.

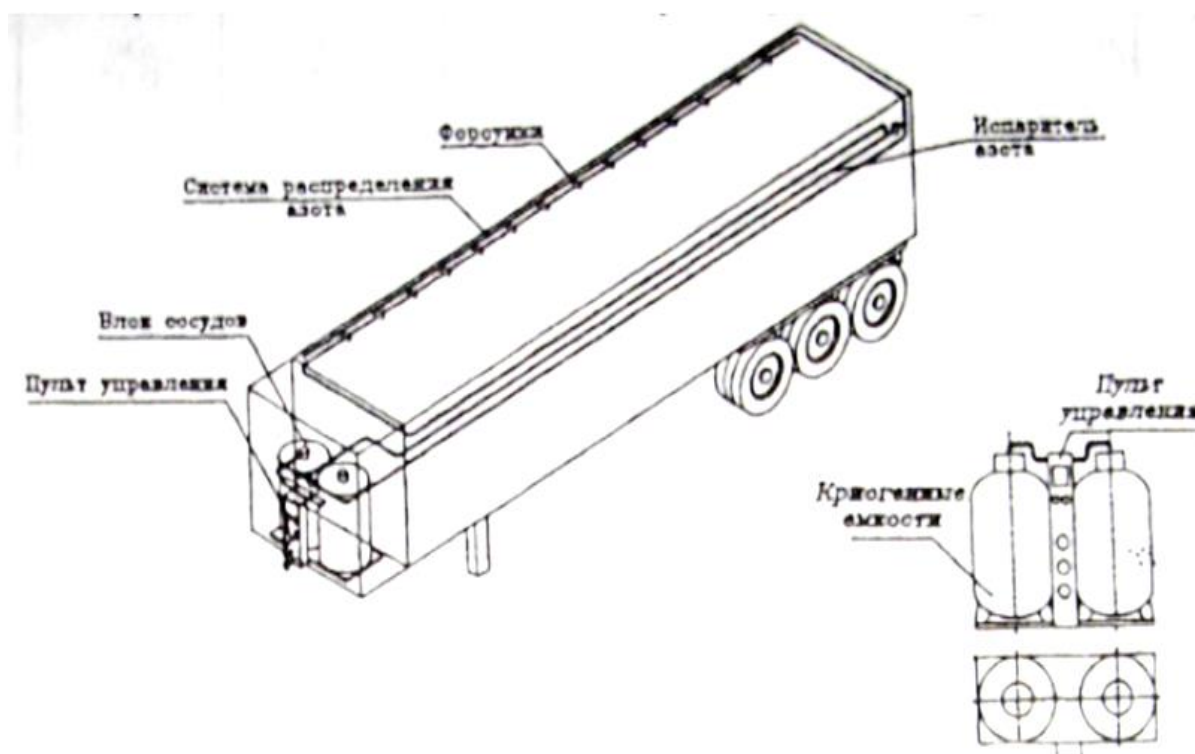


Рисунок 2 – Система азотного проточного хладоснабжения САБО-2 (вариант установки на автомобильном прицепе)

Технические характеристики установки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики установки САБО-2

Техническая характеристика	Значение
Емкость сосудов жидкого азота, л	1800
Диапазон регулирования температур, °С	- 40...+20
Точность регулирования температур, °С	1
Охлаждаемый объем, куб. м	40...80
Срок хранения без дозаправки жидким азотом	10
Потребляемая мощность, кВт	30

Система оснащена бортовым компьютером с программным управлением. Программа работы компьютера обеспечивает работу системы в широком диапазоне температур. В состав системы управления входят три температурных датчика типа ТСП, два регулятора давления азота, два криогенных электромагнитных клапана импульсного типа, пульт управления с показывающим дисплеем и выносной пульт контроля. Система управления работает при 12 В (от сухих аккумуляторов в пульте управления), 24 В (от системы электропитания автомобильного тягача) и 220 В переменного тока (при подключении к стационарной сети в населенном пункте).

Теперь определившись с системой охлаждения, встает вопрос об источнике питания, который сможет вырабатывать достаточное количество энергии для снабжения данной системы охлаждения в соответствии с ее потребляемой мощностью. И самым главным моментом является то, что источник должен работать без питания извне, то есть накапливать энергию и потом отдавать ее системе. Ниже описываются два источника бесперебойного питания, которые можно применить для предлагаемой системы охлаждения.

Вариант 1. Источник бесперебойного питания ИМПУЛЬС ТРИАТЛОН Т 30

ИМПУЛЬС ТРИАТЛОН Т 30 – это 3-х фазный (VFI) источник бесперебойного питания с инновационной технологией 3-х уровневого преобразования,

разработанный для обеспечения высочайшего уровня энергоэффективности и создания высоконадежных систем для защиты критичного промышленного и медицинского оборудования. Технология выпрямителя и инвертора с 3-х уровневой преобразователем и встроенным трансформатором гальванической изоляции нагрузки делает данную модель с гальванической изоляцией инвертора одной из самых надежных и эффективных систем обеспечения безопасности данных и других критически важных приложений (таблица 2, рисунок 3).

Таблица 2 – Основные технические характеристики источника бесперебойного питания ИМПУЛЬС ТРИАТЛОН Т 30

Техническая характеристика	Значение
Номинальная мощность	30 кВА / 30 кВт
Число фаз (вход/выход)	3/3
Вес без батареи	343 кг
Общее количество батарей	60
Тип подключаемых аккумуляторных батарей	12В пост.тока, VRLA
Габариты	517 × 1130 × 1630 мм

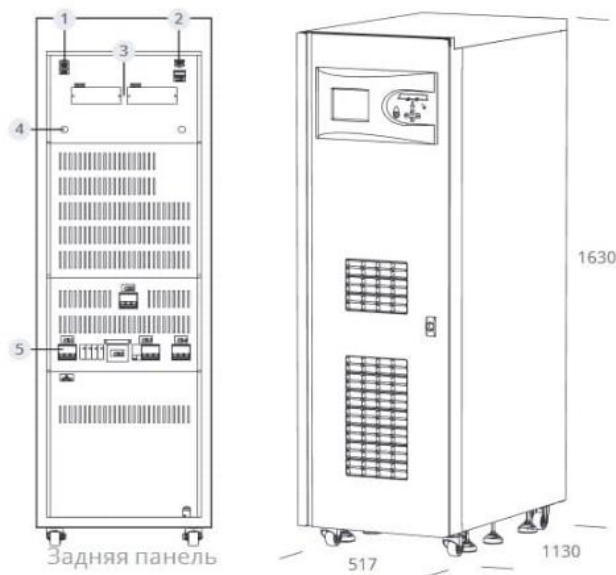


Рисунок 3 – Источник бесперебойного питания ИМПУЛЬС ТРИАТЛОН Т 30

Источник бесперебойного питания ИМПУЛЬС ТРИАТЛОН Т 30 предназначен для работы с герметичными свинцово-кислотными аккумуляторами с клапаном сброса (VRLA), устанавливаемыми во внешних батарейных кабинетах или на стеллажах. Одна линейка аккумуляторов, подключаемых к ИБП, состоит

из 62 АКБ номинального напряжения 12В с формированием средней точки, подключаемой к нейтрали N (нулевому проводнику). Линейка АКБ состоит из положительной и отрицательной групп АКБ, каждая из которых содержит последовательно соединенные аккумуляторы в количестве 31 шт. Емкость подключаемых АКБ выбирается в соответствии с требуемым временем автономной работы. Размеры ТРИАТЛОН Т30 удовлетворяют габаритам контейнера.

Вариант 2. Источник бесперебойного питания Eaton Powerware 9355 30000. Принцип действия аналогичен предыдущему варианту, технические характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные технические характеристики источника бесперебойного питания Eaton Powerware 9355 30000

Техническая характеристика	Значение
Номинальная мощность	30 кВА / 30 кВт
Число фаз (вход/выход)	3/3
Вес без батареи	200 кг
Количество 12 В блоков	36х9Ач
Тип подключаемых аккумуляторных батарей	герметичные свинцово-кислотные
Габариты	494 x 762 x 1684 мм

Использование автономных рефрижераторных контейнеров позволит осуществлять их транспортировку на обычных фитинговых платформах, использовать гибкие логистические схемы доставки со сменой видов транспорта. Зарядка аккумуляторов может производиться при необходимости в пути следования на площадках сортировки, на станциях отправления и назначения. Заправка жидким азотом предусматривается на станциях отправления и назначения.

Получаемые преимущества при практической реализации решения. Рефрижераторные контейнеры с проточной азотной системой (безмашинное хладоснабжение) по сравнению с машинной системой, использующей в качестве хладагентов хладоны, имеют следующие основные преимущества:

- отсутствие сложных механизмов, что обеспечивает надежность и простоту эксплуатации оборудования;

- увеличение в 4...7 раз сроков сохранения высокого качества продукции за счет отсутствия кислорода в среде хранения;
- при хранении в инертной среде сохраняется качество (сортность) продукции, практически отсутствуют потери массы продуктов за счет усушки (0,5... 1,5%). В рефрижераторах с машинной системой охлаждения такие потери составляют 12... 18%.

С позиции экономической выгоды заправка азотом на 10% –12% дешевле чем дизельным топливом, используемым в существующих автономных и неавтономных системах энергопитания рефрижераторных контейнеров. Отсутствует необходимость в постановке в состав специального вагона с генератором для рефрижераторных контейнеров, а значит его место в поезде может занять вагон с грузом.

Контейнер предлагаемого типа является экологически чистым решением. Заправка аккумуляторов на площадках хранения может быть выполнена от источников энергоснабжения, которые используют альтернативные способы выработки электроэнергии (ветровые установки, солнечные батареи, биогазовые установки).

Предлагаемое решение не усложняет существующую технологию контейнерных перевозок и может способствовать ее развитию как для железнодорожного транспорта, так и в различных вариантах интермодальных перевозок. Она позволяет повысить качество перевозки небольших партий скоропортящихся грузов на дальние расстояния, обеспечивая снижение затрат на транспортировку как для перевозчиков, так и для грузовладельцев. Достаточно компактные установки питания и охлаждения не занимают в контейнере много места и несущественно уменьшают полезный объем грузового отсека.

Предлагаемое решение является перспективным вариантом технического средства перевозки скоропортящихся грузов.