

# Влияние параметров защитных покрытий на эксплуатационные свойства вагонов-минераловозов



**А. А. Битюцкий,**  
доктор техн. наук,  
профессор, научный  
руководитель  
ГК «Инженерный центр  
вагоностроения»



**П. С. Маев,**  
заместитель руководителя  
ЭТУ ООО «Экспертный  
Центр подвижного  
состава»

Агрессивные грузы нередко перевозятся в не приспособленных для этого вагонах, в результате чего вагоны выходят из строя раньше, чем истекает нормативный срок их службы. Фактический ресурс вагонов-минераловозов может быть увеличен при использовании защитных покрытий и внедрении системы контроля соответствия моделей вагонов-минераловозов условиям их эксплуатации. Специалистами Инженерного центра вагоностроения разработан алгоритм оценки состояния защитного покрытия и усовершенствована методика определения остаточного ресурса хопперов-минераловозов.

С развитием химической промышленности в 1980-х гг. существенно расширился перечень грузов, перевозимых железнодорожным транспортом. Значительная часть этих грузов в силу своих химических свойств вызывает повышенный коррозионный износ элементов кузовов вагонов, что сокращает срок их службы. Выделяющиеся продукты коррозии становятся нежелательными примесями, которые ухудшают потребительские характеристики груза.

Для увеличения срока службы подвижного состава и сохранения качества грузов применялись различные методы защиты металлоконструкции вагонов от негативного воздействия перевозимых веществ. На этапе проектирования вагонов внедрялись новые конструктивные решения, использовались коррозионностойкие металлы и сплавы. Такие меры требовали значительных материальных и временных затрат.

Для вагонов, находящихся в эксплуатации, применялся метод ограничения наименований грузов, допущенных для перевозки в каждой модели вагонов. При перевозке агрессивных веществ предусматривалось нанесение защитных покрытий на поверхности элементов вагонов, взаимодействующих с грузом. При этом к настоящему моменту сложилась такая практика, что нанесение защитных покрытий, которое производится в процессе эксплуатации вагонов, нигде не учитывается и фактически не контролируется. Поэтому зачастую агрессивные грузы перевозятся в не приспособленных для этого вагонах.

Специалистами Инженерного центра вагоностроения за последние годы проведено диагностирование технического состояния более 1000 вагонов, в которых перевозятся агрессивные грузы. Анализ результатов диагностирования показал, что вагоны, в которых своевременно наносили и ремонтировали защитное покрытие, на момент окончания нормативного срока службы не исчерпали свой ресурс. И напротив, вагоны, не имеющие защиты от коррозионного воздействия груза, как правило, приходят в неработоспособное состояние еще до истечения нормативного срока службы. Это позволяет утверждать, что при диагностировании общего технического состояния вагона важно оценивать состояние защитных покрытий.

Прежде всего это касается вагонов-хопперов, предназначенных для перевозки минеральных удобрений, поскольку для них не существует системы контроля соответствия модели вагона наименованиям перевозимых грузов, а перечень удобрений, обладающих разными свойствами, насчитывает более 100 видов.

Таким образом, с помощью защитных покрытий и системы контроля соответствия моделей вагонов-минераловозов условиям их эксплуатации возможно существенно увеличить фактический ресурс вагонов-минераловозов и обеспечить сохранение качества груза при транспортировании.

Чтобы повысить эффективность эксплуатации вагонов-минераловозов, специалисты Инженерного центра в

2012 г. усовершенствовали методику диагностирования вагонов-хопперов для минеральных удобрений. Данная методика с 2008 г. применяется при проведении комплекса работ по продлению срока службы подвижного состава.

В процессе совершенствования методики были решены две основные задачи: разработан перечень мероприятий по обеспечению соответствия модели вагона условиям его эксплуатации, а также определены методы и критерии оценки состояния защитных покрытий.

**Обеспечение соответствия модели вагона условиям его эксплуатации**

На первом этапе уточнения методики выполнено формирование перечня мероприятий по обеспечению соответствия модели вагона условиям его эксплуатации. Для этого были рассмотрены основные этапы жизненного цикла вагона в зависимости от свойств перевозимых грузов и наличия внутреннего защитного покрытия.

В основу анализа были положены требования технической документации вагонов-хопперов самой массовой модели 19-923. Согласно техническим условиям, вагон, применяемый для перевозки коррозионно-активных грузов, должен быть оборудован внутренним защитным покрытием, иначе срок его службы сокращается в 2,5 раза. На рис. 1 приведен график-схема вариантов жизненного цикла вагона в зависимости от наличия внутреннего защитного покрытия и условий эксплуатации вагона.

На рис. 1 выделены четыре ключевых этапа жизненного цикла минераловоза: I – постройка вагона; II – диагностирование вагона (корректировка нормативного срока службы); III – окончание срока службы (проведение работ по продлению срока службы); IV – исключение из эксплуатации.

Второй этап предусматривает диагностирование вагона в пределах нормативного срока службы для того, чтобы определить, соответствует ли модель вагона условиям эксплуатации, и при необходимости скорректировать данные в автоматизированном банке данных парка вагонов (АБД ПВ). Диагностирование вагона проводится специалистами экспертной организации по заявке собственника.

Последняя операция должна выполняться по предписанию железнодорожной администрации, если будет выявле-

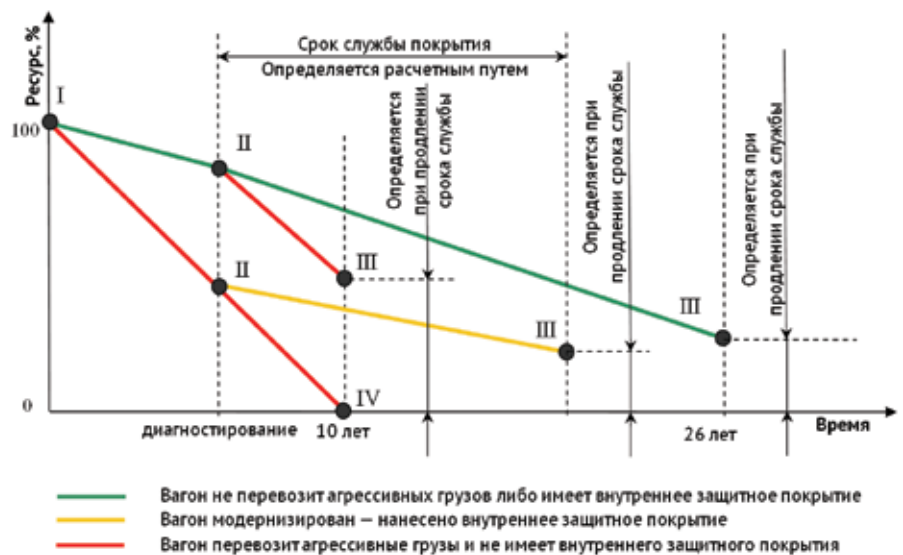


Рис. 1. График-схема жизненного цикла вагона-минераловоза

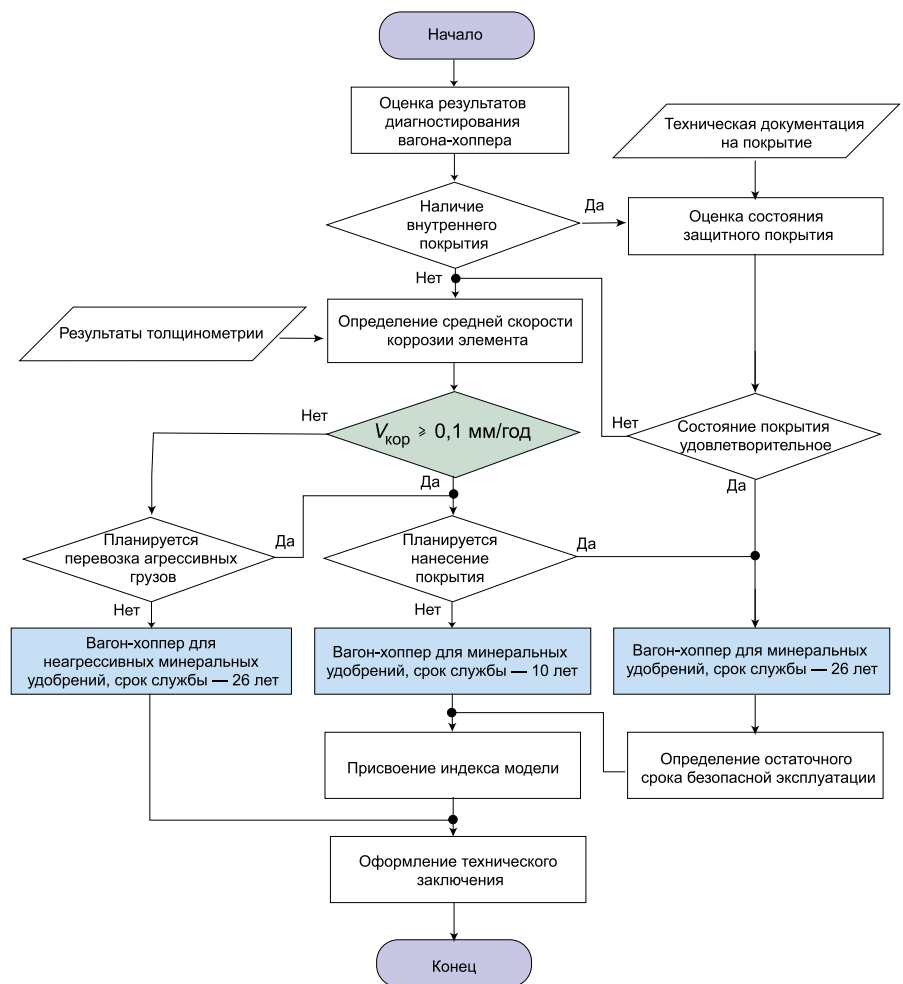


Рис. 2. Алгоритм работ по обеспечению соответствия модели вагона-хоппера роду перевозимого в нем груза

но несоответствие перевозимого груза модели вагона.

Как видно из графика-схемы, срок службы вагона-минераловоза может колебаться от 10 до 26 лет и более в зависимости от свойств перевозимых грузов и наличия защитного покрытия.

На данный момент для всех вагонов, находящихся в эксплуатации, независимо от свойств перевозимых в них грузов и наличия покрытий, срок службы ошибочно определен как 26 лет.

Чтобы исключить преждевременные отказы вагонов-минераловозов и

Программа диагностирования технического состояния и методика определения остаточного срока безопасной эксплуатации вагонов-хопперов для минеральных удобрений

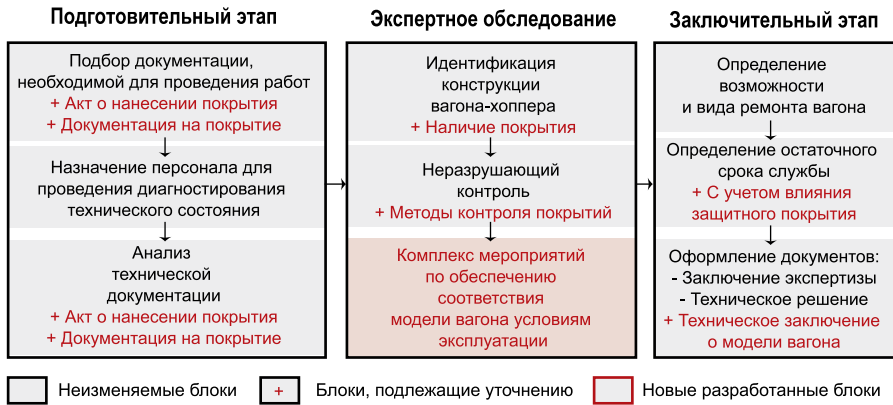


Рис. 3. Совершенствование методики определения остаточного ресурса хопперов-минераловозов

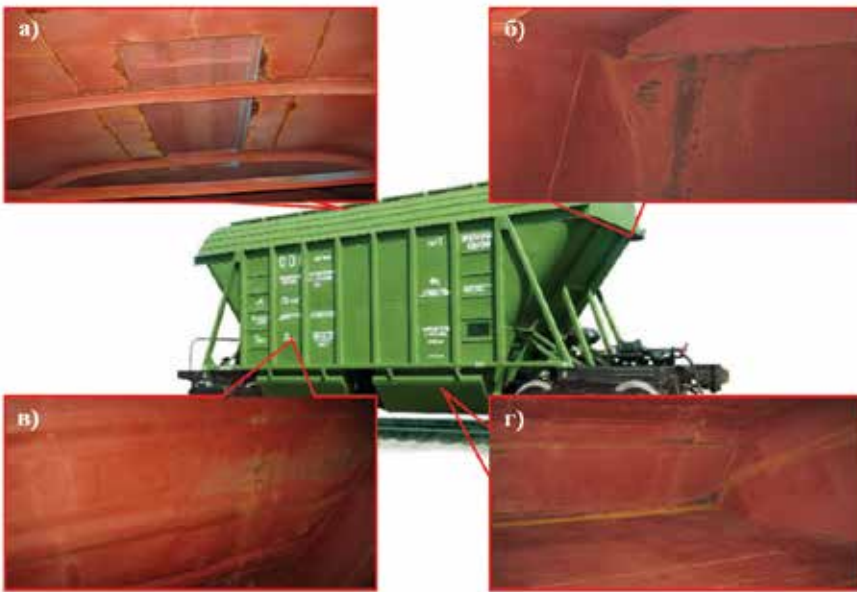


Рис. 4. Зоны кузова хоппера-минераловоза, наиболее подверженные повреждению внутреннего защитного покрытия: а – крыша и загрузочные люки; б – торцевые стены; в – боковые стены; г – конек и разгрузочные люки.

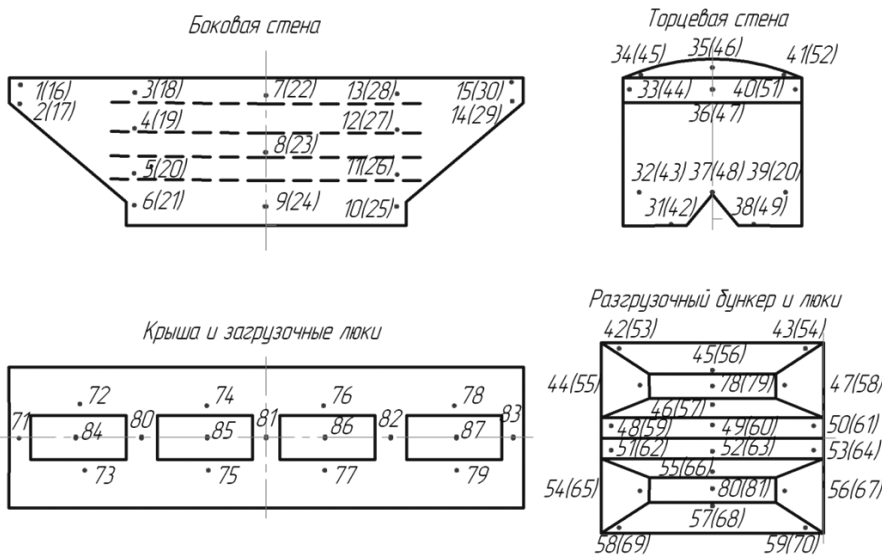


Рис. 5. Фрагмент карты толщинометрии внутреннего защитного покрытия кузова вагона-хоппера

соблюсти требования технических условий, специалисты Инженерного центра сформировали алгоритм, регламентирующий порядок работ по обеспечению соответствия модели вагона-хоппера роду перевозимого в нем груза (рис. 2).

Алгоритм позволяет отнести каждый вагон к одной из трех групп в зависимости от условий его эксплуатации и характеристик. Для этого по результатам диагностирования технического состояния вагона-хоппера, на основании протоколов визуального и измерительного контроля и контроля толщины внутреннего антикоррозионного покрытия проводится оценка состояния покрытия. Оценивается соответствие контролируемых параметров предъявляемым к ним требованиям.

Если по результатам оценки состояние покрытия признано удовлетворительным либо собственник до возобновления эксплуатации вагона намерен провести модернизацию и сделать внутреннее антикоррозионное покрытие кузова, то вагон признается предназначенным для транспортирования минеральных удобрений (в том числе агрессивных), со сроком службы 26 лет.

Если покрытие отсутствует или его состояние является неудовлетворительным, критерием оценки вагона является скорость коррозии его несущих элементов. Для определения средней скорости коррозии устанавливают элемент металлоконструкции кузова вагона-хоппера, подвергшийся максимальному утонению за весь срок службы вагона.

Если значение средней скорости коррозии этого элемента составляет менее 0,1 мм/год [1] и организация, эксплуатирующая вагон-хоппер, не планирует транспортировать в нем коррозионно-активные грузы, вагон относят к вагонам-хопперам, предназначенным для перевозки неагрессивных минеральных удобрений со сроком службы 26 лет.

В том случае, если средняя скорость коррозии вагона-хоппера составляет 0,1 мм/год или более, а также если в дальнейшем планируется использовать данный вагон для перевозки агрессивных грузов, то модель вагона подлежит изменению. После корректировки данной модель должна соответствовать крытому вагону-хопперу без внутреннего покрытия для минеральных удобрений (в том числе агрессивных) со сроком службы 10 лет.

У вагонов-хопперов со скоростью коррозии более 0,1 мм/год, которые соот-

Таблица 1. Методы контроля защитных покрытий

	Контролируемый параметр		
	Толщина покрытия	Несплошность покрытия	Повреждения поверхностного слоя (трещины, порезы, отслоения, проколы, кратеры, сморщивание)
Метод НК	УЗ-толщинометрия	— ВИК — Электроискровой	ВИК
Оборудование	Толщиномер покрытий	— Набор ВИК — Электролитический дефектоскоп	Набор ВИК
Нормативный документ	— ГОСТ 7409-2009 [2] — ТУ на покрытие	— ГОСТ 7409-2009 — ТУ на покрытие	— ГОСТ 9.032-74 [3] — ТУ на покрытие

Таблица 2. Критерии оценки состояния защитных покрытий (фрагмент)

Марка покрытия	Контролируемый параметр		
	Толщина покрытия, $h_0$	Несплошность покрытия	Повреждения поверхностного слоя
Гермокрон-ЖД	$\geq 96$ мкм	Не допускается	Не допускаются
Элакор-ПУ	110 мкм	Не допускается	Не допускаются
...	...	...	...

ветствуют модели крытого вагона-хоппера с внутренним антикоррозионным покрытием кузова для минеральных удобрений (в том числе агрессивных), нормативный срок службы составляет 26 лет, но срок дальнейшей безопасной эксплуатации подлежит обязательному расчетному обоснованию.

Заключительный этап алгоритма — корректировка модели вагона при выявлении несоответствия на основании технического заключения, оформленного экспертной организацией по результатам выполненной оценки.

Таким образом, предложенный алгоритм при проведении мероприятий по обеспечению соответствия модели вагона условиям его эксплуатации позволяет по результатам диагностирования отнести вагон к одной из трех групп в зависимости от условий эксплуатации и в дальнейшем определить остаточный срок службы.

### Методы и критерии оценки состояния защитных покрытий

На следующем этапе работы для определения возможности контроля защитных покрытий была проанализирована существующая методическая база. По результатам анализа установлено, что уточнению подлежит программа диагностирования, которая регламентирует подготовительный этап и этап экспертного обследования вагонов-минераловозов, а также методика опреде-

ления остаточного срока эксплуатации вагонов-хопперов. Блок-схема, приведенная на рис. 3, отражает направление и объем доработки отдельных блоков методики.

Из блок-схемы видно, что наибольшие изменения коснулись программы технического диагностирования вагонов, поэтому для уточнения раздела, описывающего проведение экспертного обследования, определены основные типы применяемых защитных покрытий. Для этого проанализирован рынок покрытий, а также проведен опрос крупных собственников подвижного состава — химических и транспортных предприятий, находящихся на территории РФ.

В результате установлено, что в качестве внутренних защитных покрытий вагонов-минераловозов на сегодня используются только неметаллические материалы, наносимые методом окрашивания. Такие материалы можно разделить на три основные группы: полимерные мастики, покрытия на основе эпоксидных смол, полиуретановые эмали и лаки. Наиболее широкое применение нашли материалы отечественного производства, такие как «Гермокрон-ЖД», «ТЕХКОР-712», «Элакор-ПУ» и другие.

При анализе технической документации данных типов покрытий установлено, что основными характеристиками, влияющими на их эффективность и долговечность в эксплуатации, являются:

- толщина;
- сплошность покрытия;
- целостность поверхностного слоя.

Для контроля этих параметров были выбраны методы неразрушающего контроля, применение которых при диагностировании технического состояния вагонов-минераловозов позволит оценить состояние покрытия и спрогнозировать его срок службы (табл. 1).

Для определения контрольных зон и объема проведения измерений было осуществлено уточнение карт и схем неразрушающего контроля, которые также служат для фиксации результатов контроля.

С целью уточнения карт и схем был выполнен анализ результатов проведенного специалистами Инженерного центра диагностирования технического состояния более 50 вагонов-хопперов с внутренним защитным покрытием, а также опубликованных статистических результатов обследования минераловозов, проведенного специалистами УрГУПС [4]. По результатам определены зоны кузова, в которых покрытие наиболее подвержено повреждению при эксплуатации вагона (рис. 4).

Проведенный анализ позволил уточнить карты визуального и измерительного контроля и разработать карту толщинометрии внутреннего антикоррозионного покрытия вагона (рис. 5). Карта толщинометрии учитывает характерные эксплуатационные повре-

ждения покрытий и позволяет оценить остаточную толщину покрытия на всех элементах кузова вагона.

Для определения критериев оценки состояния защитных покрытий были рассмотрены требования нормативных документов [2; 3; 5] и протоколы проведенных ранее испытаний применяемых антикоррозионных покрытий. В результате была сформирована сводная таблица критериев оценки состояния защитных покрытий (табл. 2), позволяющая по результатам неразрушающего контроля оценить эффективность покрытия и спрогнозировать остаточный срок его службы.

Для определения остаточного срока службы покрытия  $t_{ост}$  предложена формула 1:

$$t_{ост} = \frac{(h_{\phi} - h_{min}) \cdot t_{экспл}}{h_0 - h_{\phi}}, \quad (1)$$

где  $h_{\phi}$  — результат толщинометрии покрытия, мкм;

$h_{min} = 30$  мкм, минимальная толщина покрытия, при которой выполняется защитная функция;

$t_{экспл}$  — фактический срок эксплуатации покрытия, лет;

$h_0$  — номинальная толщина покрытия, мкм.

Применение данной формулы позволяет, опираясь на показатели эксплуатационного износа конкретного покрытия, спрогнозировать срок его службы при допущении, что условия эксплуатации вагона останутся неизменными.

**Результаты**

В результате проведенного исследования была уточнена методика диагностирования вагонов-хопперов, предназначенных для перевозки минеральных удобрений. В доработанном виде методика позволяет не только обеспечить соответствие модели вагона условиям его эксплуатации, но и установить зависимость остаточного ресурса вагона от состояния внутреннего защитного покрытия.

Применение уточненной методики позволяет более успешно решать задачу определения срока службы путем индивидуального подхода к жизненному циклу вагона с учетом прогнозируемых условий эксплуатации. Это обеспечит наиболее рациональное расходование ресурса минераловозов, а также сократит вероятность возникновения аварийных ситуаций из-за преждевременного износа конструкции вагона. ■

**Литература**

1. Маев П. С., Битюцкий Н. А. Методика определения коррозионной стойкости кузовов вагонов-хопперов для перевозки минеральных удобрений // Аprobация новых методик проектирования грузовых вагонов: сб. науч. тр. / под ред. А. А. Битюцкого; Инженерный центр вагоностроения. СПб., 2012. Вып. 11. С. 87–96.
2. ГОСТ 7409-2009. Межгосударственный стандарт. Вагоны грузовые. Требования к лакокрасочным покрытиям.
3. ГОСТ 9.032-74. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения.
4. Смольянинов А. В., Бачурин Н. С., Лапшин В. Ф., Буткин М. Г. Коррозия элементов вагонов при перевозке минеральных удобрений // Ж.-д. трансп. Сер. Вагоны и вагонное хозяйство. Ремонт вагонов: ЦНИИТЭИ МПС. Вып. 1. М., 1999. 31 с.
5. ТП-ЦВТР-5/29-2001. Типовой технологический процесс противокоррозионной защиты вагонов-минераловозов.



**Электроника — Транспорт**  
**2013**

Содержимое выставки  
**ЭлектроТранс 2013**  
<http://www.electrotrans-expo.ru>

**22-24 мая 2013 г.**  
**Москва, ВВЦ**

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА**

Информационные технологии для транспорта  
и транспортной инфраструктуры

**ТЕМАТИКА:**

- Системы диспетчеризации и управления транспортным парком (грузовые автоперевозки, пассажирский транспорт, такси, спецтранспорт)
- Комплексы навигации и связи
- Системы безопасности и видеонаблюдения
- Системы контроля пассажиропотока
- Системы оплаты проезда
- Технологии снижения расхода топлива
- Информационные системы для пассажиров
- Автоматика, телемеханика
- Измерительные и диагностические приборы
- Силовая электроника для транспорта
- Электронные, электротехнические компоненты

**КОНФЕРЕНЦИИ:**

- "Практические особенности внедрения информационно-навигационных технологий на современном транспортном предприятии"
- "Электронные модули для транспортного приборостроения и машиностроения"



**ПОДДЕРЖКА:**



**КОНТАКТЫ:**

тел.: +7(495) 287-4412  
E-mail: [info@e-transport.ru](mailto:info@e-transport.ru)

<http://www.e-transport.ru>