

Экологическая безопасность транспортно-технологических средств

Захид Адыгезалович Годжаев¹,
доктор технических наук, профессор, главный
научный сотрудник, e-mail: fic51@mail.ru;
Дмитрий Витальевич Аврамов²,
кандидат технических наук,
генеральный директор;

Николай Васильевич Мартынов²,
кандидат технических наук;
Борис Николаевич Белоусов³,
доктор технических наук, профессор;
Виктор Николаевич Добромиров⁴,
доктор технических наук

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²НПП «ЭлектроГидроДинамика», Санкт-Петербург, Российская Федерация;

³Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация;

⁴Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Реферат. Интенсификация производства, рост парка машин с двигателями внутреннего сгорания, а также увеличение эксплуатационной массы транспортно-технологических средств с каждым годом все больше обостряют экологическую ситуацию в мире. (*Цель исследования*) Выявить основные факторы воздействия транспортно-технологических средств на окружающую среду и проблемы, связанные с их утилизацией, а также с утилизацией автомобильных и тракторных шин. (*Материалы и методы*) Обобщили материалы, опубликованные в периодической печати, а также результаты испытаний транспортно-технологических средств – стендовых, полигонных и эксплуатационных. (*Результаты и обсуждение*) Выявили проблему разрушающего воздействия колесного движителя на опорную поверхность дороги, почвы и почвенный покров. Провели замеры под пятном контакта нескольких типов движителей. Определили величины напряженно-деформированного состояния почвы от воздействия этих движителей в виде распределения эпюр нормальных напряжений. Изучили влияние конструктивных особенностей транспортно-технологических средств при их криволинейном движении на размер колеи и разрушение почвы. Выделили характерные зоны следа. Заключили, что зимой уровень экологического загрязнения зависит от состояния дорожного покрытия и использования химических реагентов для борьбы с гололедом. Рассмотрели возможность использования электрогидравлической технологии при утилизации транспортно-технологических средств. Отметили необходимость формирования нормативно-правовых документов при создании, эксплуатации и утилизации транспортно-технологических средств с учетом зарубежного опыта по организации системы экологического управления, а также экологического аудита и маркировки, порядка оценки экологичности производственных систем и продукции на всех стадиях жизненного цикла. (*Выводы*) Представили основные факторы воздействия транспортно-технологических средства на окружающую среду в период жизненного цикла, вплоть до полной утилизации. Доказали необходимость безопасной и энергосберегающей электрогидравлической технологии утилизации электронных компонент и аккумуляторных батарей транспортно-технологических средств, базирующейся на избирательном разрушении пластиковых корпусов и выделении чистых благородных, редкоземельных и других металлов и их сплавов. **Ключевые слова:** экологическая безопасность, утилизация, автомобиль, почва, окружающая среда, почвенный покров, электрогидравлическая технология.

■ **Для цитирования:** Годжаев З.А., Аврамов Д.В., Мартынов Н.В., Белоусов Б.Н., Добромиров В.Н. Экологическая безопасность транспортно-технологических средств // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №2. С. 40-47. DOI 10.22314/2073-7599-2018-13-2-40-47.

Environmental Safety of Transport and Technological Vehicles

Zakhid A. Godzhaev¹,
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Chief Research Engineer,
e-mail: fic51@mail.ru;
Dmitriy V. Avramov²,
Ph.D.(Eng.), General Director;

Nikolay V. Martynov²,
Ph.D.(Eng.);
Boris N. Belousov³,
Ph.D.(Eng.), Professor;
Viktor N. Dobromirov⁴,
Dr.Sc.(Eng.), Professor



¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²“ElektroGidroDinamika” Company, St. Petersburg, Russian Federation;

³N.E. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation;

⁴Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. Intensified production, an increased fleet of vehicles with internal combustion engines, as well as increased operational mass of transport and technological vehicles continuously aggravate the environmental situation in the world every year. (*Research purpose*) To identify the main impacts made by the transport and technological vehicles on the environment and the problems associated with their disposal, as well as with the disposal of automobile and tractor tires. (*Materials and methods*) The authors have generalized the materials published in periodicals, as well as the results of bench, field and operational tests of the transport and technological vehicles. (*Results and discussion*) The authors have identified the problem of the destructive impact of the wheeled movers on the supporting road surface, the soil and the soil cover. Measurements have been taken under the contact area of several mover types and the values of the stress-strained state of the soil affected by these movers have been determined in the form of the distribution of normal stress diagrams. The authors have also studied the influence of the design features of transport and technological vehicles performing curvilinear motion on the track size and soil destruction and identified characteristic patterns of the track. Conclusion has been made that in winter the level of environmental pollution depends on the road surface condition and the use of chemical reagents for deicing. The authors have considered a possibility of using electrical-and-hydraulic technology for the disposal of transport and technological vehicles and stressed the need to form regulatory documents for the designing, operation and disposal of transport and technological vehicles, taking into account foreign experience in organizing the environmental management system, as well as environmental auditing and labeling, the procedure for assessing the environmental performance of production systems and products at all life cycle stages. (*Conclusions*) The paper presents the main impact factors of the transport and technological vehicles on the environment during their life cycle up to full disposal. The authors have proved the need for a safe and energy-saving electro-hydraulic technology for the disposal of electronic components and batteries of transport and technological vehicles based on selective destruction of plastic casings and the separation of pure noble, rare-earth and other metals and their alloys.

Keywords: ecological safety, disposal, automobile, soil, environment, soil cover, electrical-and-hydraulic technology.

For citation: Godzhaev Z.A., Avramov D.V., Martynov N.V., Belousov B.N., Dobromirov V.N. Ekologicheskaya bezopasnost' transportno-tekhnologicheskikh sredstv [Ecological safety of transport and technological vehicles]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N2. 40-47. DOI 10.22314/2073-7599-2018-13-2-40-47 (In Russian).

Интенсификация производства, рост парка машин с двигателями внутреннего сгорания, а также увеличение эксплуатационной массы транспортно-технологических средств (ТТС) с каждым годом все больше обостряют экологическую ситуацию в мире.

Цель исследования – выявить основные факторы воздействия ТТС на окружающую среду и проблемы, связанные с утилизацией ТТС, особенно автомобильных и тракторных шин, в соответствии с современными требованиями.

Материалы и методы. Использованы материалы, опубликованные в периодической печати, и результаты, полученные авторским коллективом. Применяемая методика состояла в обобщении, математической обработке результатов расчетных и экспериментальных исследований – стендовых, полигонных и эксплуатационных испытаний мобильных энергетических и транспортно-технологических средств, а также существующих нормативов и стандартов в предметной области.

Результаты и обсуждение. Основной результат

исследования – прогноз изменения структуры канцерогенных рисков массовой автомобилизации в долгосрочной перспективе.

Общая численность современного автопарка РФ достигает 49 млн ед., что составляет немногим более 6% мирового показателя. Это 5-е место в мире после США (252 млн ед.), Китая (109 млн ед.), Японии (76 млн ед.) и Германии (50 млн ед.) [1]. В долгосрочной перспективе к 2035 г. общая численность в нашей стране может достигнуть 180 млн ед.

В результате анализа научно-технических и нормативно-правовых материалов определены следующие аспекты данной проблемы.

Основные факторы воздействия ТТС на окружающую среду

К основным факторам негативного воздействия ТТС в системе «человек – ТТС – окружающая среда» чаще всего относят: выбросы отработанных газов (ОГ) двигателя и внутренний и внешний шум основных агрегатов автомобиля; значительно реже – разрушающее воздействие движителя на дорогу и грунт, утилизацию автомобилей и специаль-

ных жидкостей. Процессу утилизации выведенных из эксплуатации автомобилей в современной мировой практике также уделяется все возрастающее внимание. Связано это не только с обеспечением экологической чистоты утилизации, но и с глобальными проблемами ресурсосбережения при гигантских объемах промышленного производства. В России проблема обострена еще тем, что в 90-х годах прошлого века в нашу страну хлынул поток подержанных ТТС, иногда полностью выработавших свой ресурс. Поэтому в последние годы значительно увеличилось количество автомобилей, выводимых из эксплуатации. Например, для Москвы ежегодный показатель превышает 130 тыс. автомобилей.

ТТС становятся причиной практически всех глобальных экологических проблем, стоящих перед современным человечеством: загрязнения окружающей среды, парникового эффекта, деградации почв, накопления отходов, сокращения генофонда биосферы и прочего.

Выбросы отработанных газов двигателя

Ежегодно во всем мире автомобили выбрасывают в воздух более 4 млрд т двуокси углерода (CO_2). К 2030 г. эта цифра может вырасти до 7 млрд т и привести к повышению средней температуры воздуха нашей планеты на 4°C по сравнению с доиндустриальным уровнем. Ежегодные транспортные выбросы в атмосферу России составляют около 35 млн т вредных веществ (58% этого количества приходится на ТТС). Отработанные газы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) содержат более 200 токсичных веществ.

Наиболее канцерогенны оксиды углерода, азота и серы, сажа, альдегиды, соединения свинца и других тяжелых металлов [1]. Выброс загрязняющих веществ с отработанными газами регламентируется нормами Правил 96 ЕЭК ООН.

Законодательные требования по выбросам вредных веществ определяют экологический класс автомобиля (например, Евро-2, Евро-3, Евро-4, Евро-5, Евро-6), который характеризует содержание вредных веществ в ОГ работающего автомобиля (рис. 1).

Новое исследование в университете Торонто показало, что тяжелые ТТС стали основным источником выбросов углекислого газа и особенно сажи и NO_x .

В Париже и пригородах уже установлен запрет на въезд для всех ТТС, поставленных на учет до 30 сентября 1997 г., а в центральную часть города запрещено въезжать автобусам и грузовикам, зарегистрированным до октября 2001 г.

Вопросы снижения выбросов в атмосферу вредных веществ и тепла, оптимизации расхода топлива достаточно освещаются в технической и научной литературе. Эти процессы связаны в первую

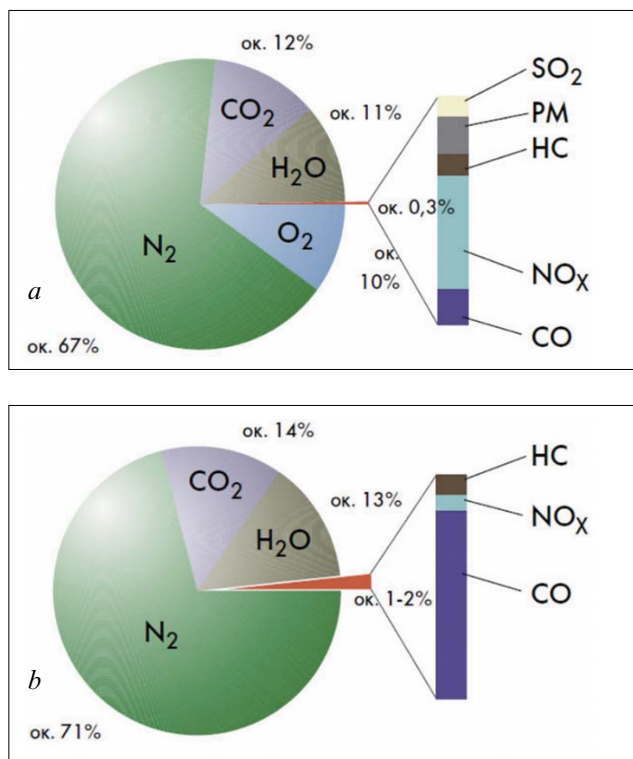


Рис. 1. Состав выхлопных газов:

a – бензиновых ДВС; b – дизельных ДВС

Fig. 1. The composition of exhaust gases:

a – gasoline engines; b – diesel engines

очередь с конструкцией ДВС, эффективность которой ограничена КПД цикла Карно. Только оснащение большегрузных автомобилей силовыми установками на газомоторном топливе позволит снизить содержание канцерогенов в отработанных газах: NO – примерно в 1,7 раза, CO – в 1,25 раза, углеводородов – в 1,4 раза, а также исключить наличие окислов серы и свинца.

Кроме показателей выбросов в атмосферу вредных веществ в составе отработанных газов важное значение имеют абсолютные показатели суммарных выбросов в окружающую среду всех видов канцерогенных веществ отдельным автомобилем и автомобильным парком страны за определенный период, например, за весь срок службы транспортного средства. Наличие таких данных позволяет оценить влияние автотранспорта на средний уровень загрязнения канцерогенами сельскохозяйственных, лесных, луговых угодий и водоемов, а также районов сосредоточенного нахождения населения. Этот вопрос сегодня относится к наименее изученным в функционировании системы «человек – автомобиль – среда», но попытки его решения предпринимались и ранее (табл. 1). Например, результаты оценки показателей для всего парка грузовых автомобилей и колесных сельхозмашин СССР по состоянию на 1987 г. подтверждают необходимость расширения исследований по внедрению в кон-

Таблица 1 ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ ПАРКА КОЛЕСНЫХ МАШИН В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В СССР (1984-1990 гг.) HARMFUL EMISSIONS OF WHEELED VEHICLES INTO THE ENVIRONMENT		
Параметры Parameters	Средний абсолютный показатель Absolute average	
	на одну колесную машину за весь срок службы, кг for one wheeled vehicle for the entire service life, kg	на весь парк колесных машин, млн т for the entire fleet of wheeled vehicles, million tons
Резина (шины) Rubber (tires)	734,35	1,150
Масло Oil	859,30	1,349
Антифриз Antifreeze	202,05	0,317
Свинец (АКБ) Lead (battery)	801,00	1,258
Фильтры Filters	244,75	0,334
Обломки, стекломой Debris, broken glass	1529,06	2,401
Асбест Asbestos	49,10	0,077
Свинец Lead	61,25	0,096
NO	6126,70	9,619
CO	24 508,80	38,479
Углеводороды Hydrocarbons	3675,80	5,770
Оксиды серы Sulfur oxides	183,32	0,288

струкцию ТТС экологически дружественных материалов [1, 2].

Разрушающее воздействие на почву движителя ТТС

Проблема разрушающего воздействия движителя ТТС на почву и почвенный покров требует серьезного решения.

Так, после прохода трехосного ТТС суммарный след можно разделить на три зоны (рис. 2): I – зона однократного уплотнения колесом средней оси; II – зона трехкратного уплотнения колесами передней, средней и задней осей; III – зона двухкратного уплотнения колесами передней и задней осей.

При движении ТТС по грунтовым дорогам, пашне и почвам с растительным покровом при нерациональной работе системы «двигатель – трансмиссия – движитель» происходит существенное разрушение почвы и растительного покрова (рис. 2) [3].

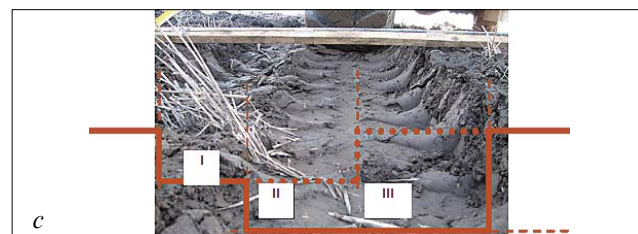


Рис. 2. Разрушение почвы после прохода колесного ТТС: а – прямолинейное движение; б – криволинейное движение; с – глубина разрушения при несовпадении колес (I, II, III – зоны различного уплотнения почвы); д – срез грунта в результате интенсивного буксования колеса

Fig. 2. Soil destruction after the passage of a wheeled vehicle: a – rectilinear motion; b – curvilinear motion; c – destruction depth when a track is mismatched (I, II, III – zones of various soil compaction); d – a soil cut as a result of intensive slipping of a wheel

Для оценки экологического ущерба, по мнению специалистов, следует исходить из размеров (глубины и ширины) колеи и степени уплотнения почвы.

Чтобы экспериментально оценить степень воздействия на почву различных движителей при постоянной вертикальной нагрузке, провели замеры под пятном контакта нескольких типов движителей (рис. 3).

Минимальная величина нормального напряжения соответствует полугусеничному движителю с резиноармированной гусеницей треугольного типа, где в эпюре напряжений (желтого цвета) отсутствуют ярко выраженные пики.

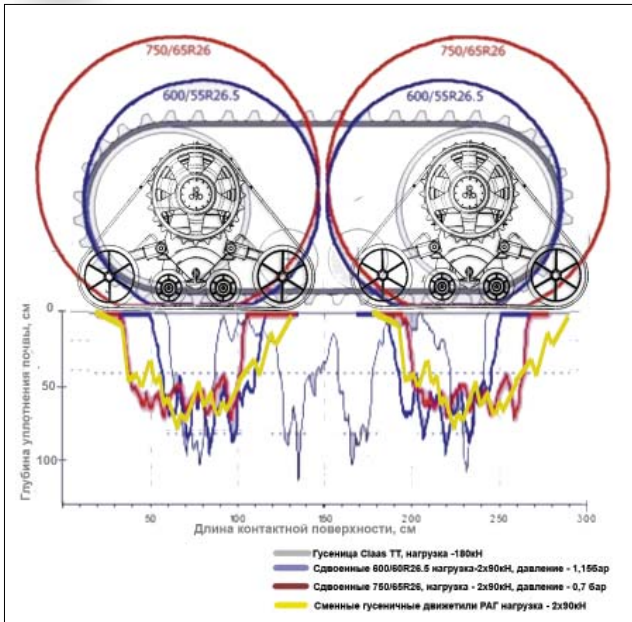


Рис. 3. Распределение эпюр нормальных напряжений в почве под различными видами движителей при одинаковой ширине следа:

1 – пневмоколесный движитель 750/65 R26; 2 – пневмоколесный движитель 600/55R26,5; 3 – гусеничный движитель; 4 – сменный полугусеничный движитель треугольного типа с резиноармированной гусеницей

Fig. 3. Distribution of normal stress plots in soil under different types of thrusters with the same track width

1 – pneumatic wheeled mover 750/65 R26; 2 – pneumatic wheeled mover 600/55R26.5; 3 – a track-laying propulsion; 4 – a replaceable half-track mover of a triangular type with a rubber-caterpillar track

Наихудший вариант демонстрирует колесо меньшего диаметра 600/55R26,5 (синяя эпюра).

Ярко выраженный пик эпюры нормальных напряжений от воздействия гусеничного движителя (под опорными катками) объясняется наличием резонансных колебаний грунтозацепа и гусеничного движителя с обводом.

Глубина проникновения уплотняющего воздействия от движителей ТТС может достигать 1 м и более.

Исследованиями установлено, что при криволинейном движении ТТС разрушают почву больше, чем при прямолинейном движении [1, 2, 4].

При криволинейном движении ТТС ширина колеи увеличивается в зависимости от радиуса поворота, возрастает суммарная площадь взаимодействия ТТС с опорной поверхностью. При этом движитель уплотняет и сдвигает грунт дополнительно в боковом направлении, увеличивая разрушающее воздействие (рис. 3, 4) [1-3, 5-7].

Можно выделить четыре характерные зоны следа с различным характером взаимодействия колесного движителя ТТС с деформируемым грунтом: I

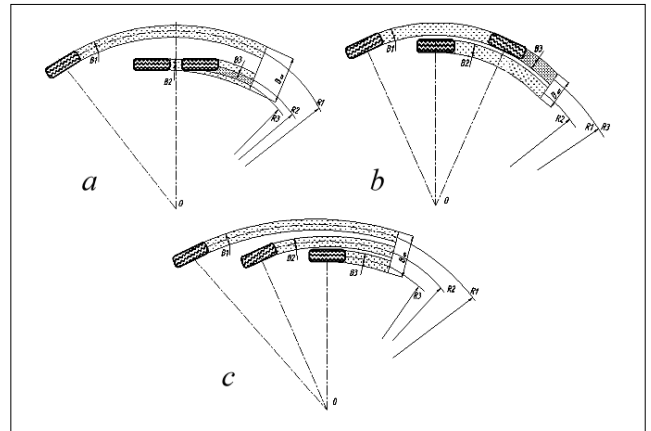


Рис. 4. Схема поворота трехосного ТС с различными схемами рулевого управления:

a – управляемые колеса на первой оси; b – управляемые колеса на передней и задней осях; c – управляемые колеса на передней и средней осях

Fig. 4. Rotation scheme of a 3-axis vehicle with different steering schemes:

a – with controlled front-axle wheels on the first axis; b – with controlled front- and rear-axle wheels; c – with controlled front- and middle-axle wheels

– зона однократного уплотнения грунта колесом передней оси; II – зона перекрытия следов (повторное уплотнение почвы колесом задней оси части колеи, оставшейся от колеса передней оси); III – зона однократного уплотнения грунта колесом задней оси; IV – зона бокового уширения и сдвига грунта (рис. 5).

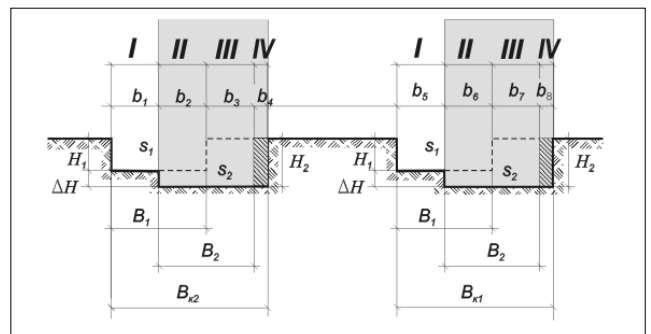


Рис. 5. Колея и зоны ее образования после прохода двухосного автомобиля

Fig. 5. Track and its formation areas after the passage of a two-axle vehicle

Устранение этих повреждений, особенно почвы и почвенного покрова в агроландшафтах, а также ландшафтах прибрежных зон природных и искусственных водоемов естественным путем требует от природы длительного времени или практически невозможно. Влияние конструктивных особенностей ТТС на разрушение почвы необходимо учитывать при проектировании транспортных средств для специализированных отраслей, например, ле-

соперерабатывающей промышленности, сельского хозяйства, для геологоразведочной деятельности, нефтегазодобывающей отрасли.

Оценить негативный вклад продуктов износа асфальтового дорожного покрытия, шин и автомобильных фрикционных материалов в общем объеме содержания твердых веществ в воздухе достаточно проблематично [1]. По данным зарубежных специалистов, из шин в процессе их износа выделяется больше некоторых канцерогенных веществ, чем из выхлопных газов двигателя. В частности, в составе общего объема вредных автомобильных выбросов вклад продуктов износа шин может достигать по твердым частицам 30%, а по *N*-нитрозаминам и бензапирену – 55% [4, 5]. Допустимые нормы содержания в дорожной пыли агрессивных продуктов износа автокомпонентов, как и химических реактивов, используемых в технологических процессах зимнего содержания дорог, оседающих на дорогах и смываемых дождевыми и талыми водами в придорожную почву и водоемы, отдельно не регламентированы.

Особенность воздействия колес ТТС на дорогу с твердым покрытием состоит в том, что их шины имеют развитые грунтозацепы с большим расстоянием между шашками и глубокими (20-30 мм) впадинами (рис. 6). Повышенное давление в контакте шашки с дорогой способствует разрушению дорожного полотна [4]. Кроме того, на краю шашки, особенно в области задней границы контакта, наблюдается интенсивное буксование грунтозацепов при работе на рыхлом грунте или почве [3].



Рис. 6. Разрушение дорожной поверхности профилем шины
Fig. 6. Destruction of the road surface by a tire section

Огромное влияние на разрушение дорожного полотна и почвы оказывает и тепловая нагруженность шин [1].

При движении по грунтовым дорогам проявля-

ется эффект галопирования (интенсивные продольно-угловые колебания), что отрицательно сказывается на физическом состоянии водителя ТТС.

После длительной эксплуатации грунтовые дороги приобретают синусоидальный профиль со средней высотой неровностей около 300 мм и длиной 3-5 м. Движение ТТС с приемлемыми скоростями по такой дороге оказывается невозможным из-за недопустимых ускорений на рабочем месте водителя – более 3g. Приходится ежегодно исправлять дорогу срезанием слоя грунта: около 38-40 м³ на 1 км дороги при ширине полотна 4 м.

На значительной части территории России наиболее сложным и ответственным в работе дорожно-эксплуатационных организаций остается зимний период. Уровень экологического загрязнения в это время во многом определяется состоянием дорожного покрытия и использованием химических реагентов для борьбы с гололедом.

Накопление химических реагентов в придорожной полосе происходит не в поверхностном слое почвы, а на глубине до 60 см, часто достигая грунтовых вод. Часть солей остается на покрытии и с брызгами от колес ТТС вместе с пылью и снегом переносится ветром на значительное расстояние. Таким образом, противогололедные реагенты попадают на придорожную растительность, а после таяния снега проникают в почву и с грунтовыми и талыми водами переносятся в водоемы, уничтожая их флору и фауну.

Опыт скандинавских стран в сфере зимнего содержания дорог демонстрирует возможность уменьшения объемов применения химических реагентов путем более широкого использования минеральных фрикционных материалов (крупнозернистого песка, мелкозернистого щебня и гранитной крошки размером не более 6-8 мм), а также в результате применения технологической операции «рыхление наката». Однако полного отказа от использования химических реагентов пока не предвидится.

Экологическая безопасность ТТС с учетом его полного жизненного цикла

Производство, эксплуатация и утилизация ТТС создают дополнительные экологические проблемы. Считается, например, что на создание и эксплуатацию парка ТТС, созданного к 2000 г., было затрачено (с учетом частичного возврата энергии при утилизации) около 3,31% суммарного энергопроизводства страны [1]. Известна оценка удельных энергозатрат на производство, эксплуатацию, ремонт и утилизацию ТТС. По ним можно построить энергетический баланс для прогнозируемого на ближайшие годы парка в количестве 1,57 млн условных ТТС грузоподъемностью 4,8 т при полной массе 10,42 т (табл. 2). Если условно считать, что весь автомобильный парк сформирован за предше-

Таблица 2 Table 2

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
ДЛЯ ПРОГНОЗИРУЕМОГО ПАРКА ТТС**
ENERGY BALANCE OF LIFE CYCLE FOR THE FORECAST VEHICLE FLEET

Затраты Cost items	Удельные энергозатраты, кВт·ч/кг·км Specific energy consumption, kWh/kg·km	Абсолютные энергозатраты Absolute power inputs	
		на 1 км, тыс. кВт·ч 1 km, kWh per kg	на весь парк, млрд кВт·ч the whole Park, billion kWh
Изготовление Production	-18,12	-101,83	-159,80
Эксплуатация и ремонт Operation and repair	-142,47	-800,68	-1257,00
Утилизация (возврат энергии) Disposal (energy recovery)	+4,24	+23,83	+37,40
Баланс Balance	-	-878,68	-1379,40

ствующие 10 лет и за последующие 10 лет будет полностью списан, то можно сравнить общий энергобаланс его жизненного цикла с количеством энергии, произведенной в стране за эти 20 лет, например за период 1980-2000 гг. Учитывая произведенные за 1980-1990 гг. 17025 млрд кВт·ч и данные по добыче энергии за 2000 г., получим общий результат – 41675 млрд кВт·ч [2, 4]. Таким образом, на создание и эксплуатацию парка ТТС, сформированного к 2000 г., затрачено (с учетом частичного возврата энергии при утилизации) около 3,31% суммарного энергопроизводства страны.

При оценке энергозатрат рассматривают систему, в состав которой входят пять подсистем: получение конструкционных материалов; изготовление деталей, сборка узлов и машины в целом; ее эксплуатация; переработка (разборка, восстановление, рециклирование); утилизация (захоронение остатков)

За рубежом разработана серия стандартов ISO 14000, которые регламентируют организацию системы экологического управления, экологический аудит и маркировку, порядок оценки экологичности производственных систем и продукции на всех стадиях жизненного цикла. Требования этих стандартов в отношении переработки ТТС по окончании его эксплуатации дополняет директива УС 97/с337/02 «Транспортные средства, вышедшие из эксплуатации». Эти документы, во-первых, расширяют понятие «экологическая безопасность автомобиля» на весь его жизненный цикл, во-вторых, связывают его не только с традиционными показателями

(выбросом вредных веществ с отработанными газами, шумом), но и с потреблением природных ресурсов, энергии, воздействием на среду отслужившего автомобиля. Экологическую безопасность ТТС оценивают с учетом всех этапов жизненного цикла; уровень рециклируемых материалов в конструкции ТТС должен быть не ниже 90% по массе. В России и странах СНГ в 2011 г. утвержден технический регламент таможенного союза «О требованиях к колесным транспортным средствам по обеспечению их безопасной утилизации» (*Recycling safety requirements for road vehicles*).

Таким образом, даже с учетом предполагаемого почти четырехкратного увеличения численности автомобильного парка РФ к 2035 г. проблема загрязнения воздушной среды отработанными газами в значительной мере может быть решена, чего нельзя сказать об остальных экологических проблемах, создаваемых автомобильным транспортом, в частности о загрязнении атмосферы, почв и водоемов твердыми частицами продуктов износа автокомпонентов и дорожными химическими реагентами.

В такой ситуации для эффективной утилизации твердых отходов уже сегодня необходимо создание новых технологий для дробления резинотехнических изделий, триплекс-стеклобоя и отделения каркасных материалов. Если металлические компоненты (сталь, чугун, алюминий и т.п.) разбирают и используют как металлолом, то шины, стеклобой (особенно триплекс-стекло) образуют огромные свалки. Так, в США ежегодно выбрасывают около 300 млн шин, выбывших из эксплуатации, 3 млрд шин свалены в кучи около крупных городов. Это вызвано отсутствием экономичных и безопасных промышленных технологий для переработки шин и триплекс-стеклобоя. Необходимо создание новой, например, электрогидравлической технологии для дробления резинотехнических изделий, триплекс-стеклобоя и отделения каркасных материалов.

Разработали лабораторные установки для утилизации шин, стеклобоя и электронных компонентов автомобиля, а также технологии их применения для дробления резинотехнических изделий, триплекс-стеклобоя и отделения каркасных материалов. Работа подобной промышленной установки основана на электрогидравлическом эффекте, который позволяет оказывать избирательное воздействие на обрабатываемый материал, разрушая один (резину или стекло) и не затрагивая другой (каркасные изделия, в частности корд автомобильных шин). Разрушенный материал идет на вторичное использование. Электрогидравлическая технология утилизации электронных компонентов, базирующаяся на избирательном разрушении пластиковых корпусов, позволит выделить чистые благородные, редкоземельные и другие металлы и их сплавы.



Выводы. Обеспечение экологической безопасности использования автомобиля – это комплекс мер по совершенствованию конструкции автомобиля, приемов его использования, способов утилизации, методов и средств обеспечения безопасного содержания дорог, регламентирующих законодательных актов и целого ряда других факторов, затрагивающих взаимоотношения человека и окружающей среды. Успешное решение такой многоплановой проблемы возможно лишь на основе системного подхода.

Оценку экологической безопасности автомобиля следует проводить с учетом всех этапов его жизненного цикла, уровень рециклируемых материалов должен быть не ниже 90% по массе. Выброс загрязняющих веществ с отработанными газами – в соответствии с нормами Правил 96 ЕЭК ООН.

Прогнозы изменения численности парка автомобильных транспортных средств и внедрения инновационных решений в конструкцию автомобилей дают основание предполагать, что в долгосрочной перспективе основной акцент в обеспечении экологической безопасности автомобилей из области снижения токсичности отработанных газов переместится в сферу минимизации продуктов естественного износа автокомпонентов и их утилизации.

Первоочередными мероприятиями в решении задач утилизации должно стать создание новых технологий для дробления резинотехнических изделий, триплекс стеклобоя, отделения каркасных материалов, утилизации электронных приборов и аккумуляторных батарей, базирующихся на избирательном разрушении компонентов этих конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоусов Б.Н., Шухман С.Б. Прикладная механика наземных тягово-транспортных средств с мехатронными системами. М.: Агроконсалт. 2013. 612 с.
2. Ксенович И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая система – почва – урожай. М.: Агропромиздат. 1985. 302 с.
3. Izmailov A., Revenko V., Godzhaev Z. The Method of Constructing the Diagrams of Shear Stresses in the Contact Zone of an Slipping Wheel With Soil. *SAE Technical Papers*. 2018. N1. 1335-1341.
4. Lobachevskii Y., Godzhaev Z., Shevtsov V., Lavrov A., Sizov O. Merzlyakov A. Harmonizing Power Categories and Towing Categories of Agricultural Tractors with Series of Preferred Numbers. *SAE Technical Papers*. 2017. January. 18-24.

5. Годжаев З.А., Русанов А.В., Ревенко В.Ю. Метод построения эпюр касательных напряжений в зоне контакта буксующего колеса с почвой // *Тракторы и сельхозмашины*. 2017. N5. С. 39-47.
6. Izmailov A., Shevtsov V., Lavrov A., Godzhaev Z., Pryadkin V. Application of the Universal Tire Characteristic for Estimating the Maximum Pressure of a Pneumatic Tractor Wheel on the Ground. *SAE Technical Papers*. 2015. N1. 2760-2765.
7. Горин Г.С., Годжаев З.А., Головач В.М., Кузьмин В.А. Исследования поворачиваемости трактора для построения гибридной теории поворота // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. N5. С. 3-11.

REFERENCES

1. Belousov B.N., Shukhman S.B. Prikladnaya mekhanika nazemnykh tyagovo-transportnykh sredstv s mekhatronnymi sistemami [Applied mechanics of ground traction vehicles with mechatronic systems]. Moscow: Agrokonsalt. 2013. 612 (In Russian).
2. Ksenovich I.P., Skotnikov V.A., Lyasko M.I. Khodovaya sistema – pochva – urozhay [Running gear – soil – harvest]. Moscow: Agropromizdat. 1985. 302 (In Russian).
3. Izmaylov A., Revenko V., Godzhaev Z. The Method of Constructing the Diagrams of Shear Stresses in the Contact Zone of an Slipping Wheel With Soil. *SAE Technical Papers*. 2018. N1. 1335-1341 (In English).
4. Lobachevskiy Ya., Godzhaev Z., Shevtsov V., Lavrov A., Sizov O. Merzlyakov A. Harmonizing Power Categories and Towing Categories of Agricultural Tractors with Series of Preferred Numbers. *SAE Technical Papers*. 2017. January. 18-24 (In English).

5. Godzhayev Z.A., Rusanov A.V., Revenko V.Yu. Metod postroyeniya epyur kasatel'nykh napryazheniy v zone kontakta buksuyushchego koleasa s pochvoy [Method of plotting tangential stresses in the contact area of the slipping wheel with the soil]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2017. N5. 39-47 (In Russian).
6. Izmaylov A., Shevtsov V., Lavrov A., Godzhaev Z., Pryadkin V. Application of the Universal Tire Characteristic for Estimating the Maximum Pressure of a Pneumatic Tractor Wheel on the Ground. *SAE Technical Papers*. 2015. N1. 2760-2765 (In English).
7. Gorin G.S., Godzhayev Z.A., Golovach V.M., Kuz'min V.A. Issledovaniya povorachivayemosti traktora dlya postroyeniya gibridnoy teorii povorota [Studying the tractor turnability to construct the hybrid theory of rotation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016. N5. 3-11 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.01.2019
The paper was submitted
to the Editorial Office on 22.01.2019

Статья принята к публикации 10.04.2019
The paper was accepted
for publication on 10.04.2019