

УДК 629.114.4

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Н.А. Поздняков¹, старший преподаватель,
Т.А. Варфоломеева², старший преподаватель, **А.К. Верас¹**, студент
*¹УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь,*
*²УО «Белорусский государственный аграрный университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение

Известно, что техническое совершенствование транспортных средств в настоящее время проводится во многом в направлении снижения энергопотребления и зависимости от производителей нефтяного топлива. Наиболее радикальным способом достижения указанных целей является применение электропривода. При этом, выявляемые [1] в обоснованиях концепций и опыта эксплуатации преимущества и недостатки электропривода определяют использование в настоящее время как классических источников (поршневого ДВС) так и гибридного привода и электропривода без ДВС.

Основная часть

Расширение использования последних двух (в большей степени последнего) источников предполагает зарядку накопителей (батарей) электросиловой части автомобиля от электросети. В этом случае эффективность использования электромобилей неразрывно связана с эффективностью энергосистемы региона, в котором они используются. Рассмотрение мирового баланса сырьевых источников для производства электроэнергии в сравнении с РФ и РБ представлено в табл. 1 [2, 3]

Таблица 1 – Производство электроэнергии по видам источников энергии, %

Источники	В мире		РФ		РБ	
	2015 г.	перспектива на 2020 г.	2015 г.	перспектива на 2020 г.	2015 г.	перспектива на 2020 г.
Жидкое топливо	4,1	3,2	1,0	0,8	6,5	7,5
Природный газ	19,1	20,0	48,3	50,0	89,9	81,0
Уголь	40,0	39,2	18,7	17,4	3,2	1,2
Ядерное топливо	14,1	14,4	17,0	16,8	-	10,0
Возобновляемые источники	22,7	23,2	15,0	15,0	0,4	0,3
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Как видно из таблицы 1, доля углеводородных (жидкое топливо, природный газ, уголь) источников в мировом балансе составляет 65% и в ближайшей перспективе кардинально не изменится. Производство электроэнергии из углеводородных топлив осуществляется на ТЭС. Это объясняется отказом многих стран от развития атомной энергетики и высокой стоимостью (как следствие – большими сроками окупаемости) освоения альтернативных источников (солнечной, ветровой энергии и т.д.). Так же на сравнительно высоком уровне (до 70%) находятся углеводородные источники в РФ, а доля в их в РБ составляет почти 100%. Ситуация в РБ изменится лишь в 2020 г. после запуска Островецкой АЭС.

Источники для производства электроэнергии в различных странах сильно отличаются. Так в Норвегии ок. 90% электроэнергии производится из возобновляемых источников (ГЭС и приливные ЭС), а во Франции – 80% электроэнергии вырабатывается на АЭС.

Важное значение в оценке эффективности производства электроэнергии имеет величина КПД электростанции $\eta_{ЭС}$, определяемая как отношение мощности производимой электроэнергии к теплотворной способности топлива $Q_{н.}$. Особенности рабочих процессов ТЭС определяют величины $\eta_{ЭС} = 30...38\%$ в зависимости от типа используемого топлива и нагрузки, изменяемой в связи суточными и сезонными колебаниями.

Дополнительное снижение эффективности использования электроэнергии для транспорта происходит в системе передачи и рас-

пределах деления электроэнергии, которое, в зависимости от расстояния и используемых способов передачи находятся в пределах: от 5% (например, в Дании) до 13% (в РФ). Таким образом КПД передачи и распределения составит $\eta_{лэп} = 87...95\%$.

Потери в последнем звене – зарядном устройстве значительно колеблются в зависимости от режимов заряда и составляют 15...20%. Следовательно, $\eta_{зар} = 80...85\%$.

Оценка эффективности использования электроэнергии для транспорта влияет, в конечном счете, на себестоимость получаемой энергии. Однако, тарифная политика, проводимая в разных странах, не позволяет объективно оценить энергетическую себестоимость транспортных работ при использовании заданного источника энергии.

Однако, экологическое воздействие, связанное, например, с выбросом парниковых газов не зависит от тарифов и поддается объективной оценке.

Рассмотрим характерный транспортный процесс, заключающийся в транспортировке груза массой m_r на расстояние L со средней скоростью V .

Затраты механической энергии (на ведущих колесах транспортного средства), необходимые для осуществления описанного процесса определяются:

$$\mathcal{E}_k = \left[k \cdot F \cdot V^2 + m_r \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta_r} \right) \cdot (\psi \cdot g \pm j) \right] \cdot L, \quad (1)$$

где $k \cdot F$ – фактор обтекаемости; ψ – коэффициент дорожного сопротивления; η_r – коэффициент грузоподъемности; j – ускорение при разгоне или торможении.

Для определения требуемого запаса энергии на борту автомобиля, необходимой для выполнения заданной работы можно воспользоваться следующими зависимостями:

- для электромобиля

$$\mathcal{E}_{зап}^{эл} = \mathcal{E}_k \cdot \frac{1}{\eta_{пр} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{эд}};$$

- для автомобиля с гибридной силовой установкой

$$\mathcal{E}_{зап}^{гиб} = \mathcal{E}_k \cdot \frac{1}{\eta_{пр} \cdot \eta_{двс} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{эд}};$$

- для автомобиля с двигателем внутреннего сгорания

$$\mathcal{E}_{\text{зап}}^{\text{двс}} = \mathcal{E}_{\text{к}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{двс}} \cdot \eta_{\text{тр}}},$$

где $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии; $\eta_{\text{эд}}$ – КПД электродвигателей; $\eta_{\text{пр}}$ – КПД преобразователей; $\eta_{\text{двс}}$ – КПД двигателя внутреннего сгорания.

Изменением $\eta_{\text{тр}}$ и $\eta_{\text{пр}}$ при изменении режимных параметров движения автомобиля можно пренебречь, но $\eta_{\text{эд}}$ и $\eta_{\text{двс}}$ в значительной степени зависят от режима движения в заданных эксплуатационных условиях.

Для сравнительной оценки типов приводов часто анализируют стандартизированные ездовые циклы, используемые при стендовых испытаниях (на беговых барабанах) автомобилей при оценке их экологических свойств и топливной экономичности. Например, стандартизированный европейский ездовой цикл NEDC (рис. 1) представляет собой зависимость скорости движения автомобиля от времени.

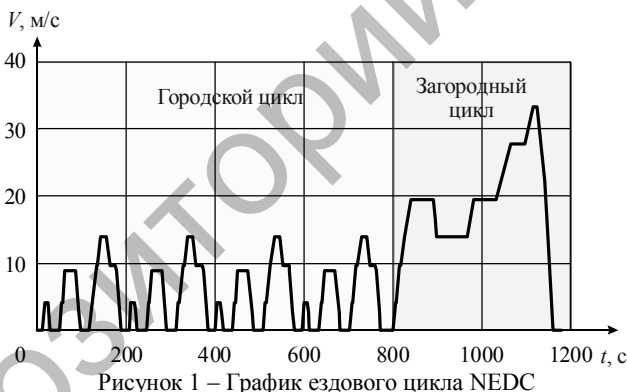


Рисунок 1 – График ездового цикла NEDC

Результаты расчетов для автомобиля полной массой 3,5 т, движущегося по асфальтобетонному покрытию ($\psi = 0,011$) в соответствии с циклом NEDC представлены на рис. 2. Расчетные исследования проводились с использованием адаптированной модели, разработанной ранее [5].

При расчетах величин $\eta_{\text{эд}}$ и $\eta_{\text{двс}}$ на каждом из режимов работы соответствующих двигателей определялась степень загрузки двига-

теля, с учетом скоростного режима. Фрагменты результатов расчета представлены на рис. 3.

Для расчета эмиссии углекислого газа автомобилями, оснащенными ДВС использовалась формула,

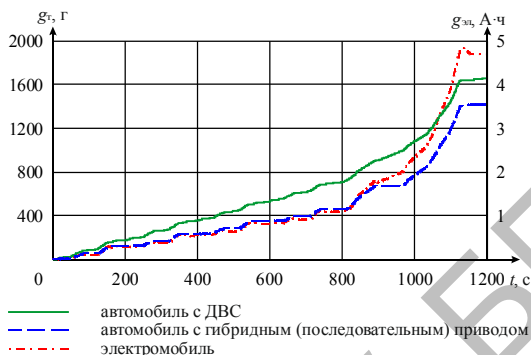


Рисунок 2 – Результаты расчетов расхода топлива ($g_{\text{т}}$, г) и электроэнергии ($g_{\text{эл}}$, А·ч) при движении автомобилей по циклу NEDC с различными типами силовых установок

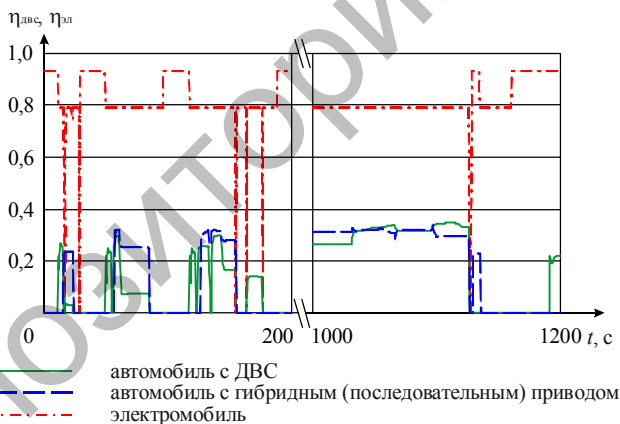


Рисунок 3 – Результаты определения КПД двигателей

Из рис. 3 видно, что КПД бензинового двигателя в составе гибридного привода чаще принимает значения, близкие к максимальным (0,33...0,35). Это объясняется более высокой загрузкой двигателя, обусловленной необходимостью зарядки батареи. Широкие колебания КПД электродвигателя $\eta_{\text{эл}}$ электромобиля объясняются

частым переходом электромашин из двигательного режима в режим генератора при рекуперации энергии торможения.

Расчет эмиссии $E_{CO_2}^{ДВС}$, г углекислого газа автомобилями с ДВС и гибридным приводом при выполнении заданной транспортной работы можно выполнить по формуле [4]:

$$E_{CO_2}^{ДВС} = g_t \cdot H_u \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{44}{12}, \quad (2)$$

где g_t – масса израсходованного топлива за время выполнения работы, кг; H_u – низшая теплотворная способность топлива (для автомобильного бензина $H_u = 44,21$ МДж/кг); K_1 – доля углерода, участвующего в образовании CO_2 ($K_1 = 0,99$); K_2 – коэффициент выброса углерода (для автомобильного бензина $K_2 = 19,13$ кг С/кДж); $44/12$ – коэффициент пересчета углерода в углекислый газ (молекулярные веса соответственно: углерод – 12 г/моль, $O_2 = 2 \cdot 16 = 32$ г/моль, $CO_2 = 44$ г/моль).

Поскольку $\Theta_{зап}^{ДВС,гиб} = g_t \cdot H_u$, то

$$E_{CO_2}^{ДВС} = \Theta_{зап}^{ДВС,гиб} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{44}{12} \quad (3)$$

Для определения эмиссии углекислого газа при сгорании топлива, расходуемого на производство и передачу электроэнергии до батареи электромобиля при выполнении заданной транспортной работы, использовалась формула

$$E_{CO_2}^{эл} = \frac{g_{эл} \cdot U_{бат}}{\eta_{эл} \cdot \eta_{лЭП} \cdot \eta_{зар}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{44}{12},$$

где $U_{бат}$ – напряжение батареи, В; коэффициенты $K_1 = 0,995$; $K_2 = 15,04$ кг С/кДж для природного газа.

Результаты расчета представлены в табл. 2. Как видно из таблицы, для рассматриваемого ездового цикла эмиссия углекислого газа электромобиля значительно ниже, чем при использовании энергетических установок на основе ДВС или гибридного привода. Это объясняется, прежде всего сравнительно высоким КПД электродвигателя и энергоустановок для производства электроэнергии. Кроме того, широкие изменения режимных параметров движения

автомобиля в значительной степени снижают средний за время испытаний эффективный КПД поршневого ДВС.

Таблица 2 – Результаты расчетов эмиссии углекислого газа автомобиля полной массой 3,5 т с различными типами энергетических установок

Варианты энергетических установок автомобиля		Эмиссия CO ₂ в ездовых циклах, г		
		NEDC	10-15	FTP-75
с бензиновым ДВС		5101,4	1809,9	8220,1
с гибридным приводом		4334,3	1576,1	7663,6
электромобиль при $\eta_{ЭС}$ · $\eta_{ЛЭП}$ · $\eta_{зар}$	max	1334,7	356,4	2054,2
	min	908,2	242,5	1397,8

Заключение

Таким образом, влияние режимов движения, обусловленных качеством дорожных покрытий и ограничений, накладываемых требованиями ПДД оказывают существенное влияние на энергетическую и экологическую эффективность транспортных средств. Степень такого влияния можно оценить по результатам, представленным в таблице. Преимущества в экологических свойствах электромобиля составляет 3,8...4,2 раза. Поскольку можно считать, что образование углекислого газа при сгорании топлива имеет зависимость, близкую к линейной от расхода топлива, то и энергетическая эффективность электромобиля имеет значительные преимущества.

Список использованной литературы

1. «Электромобиль - преимущества, недостатки, перспективы» [Электронный ресурс]. - 2018. - Режим доступа: http://innoeco.ru/postsView/Elektromobil-preimucshestva_nedostatki_perspektivy_35.html - Дата доступа: 10.10.2018.
2. «Перспективы развития мировой электроэнергетики до 2035 года» [Электронный ресурс]. - 2018. - Режим доступа: http://eepg.ru/article/Perspektivy_razvitiya_mirovoj_elektroenergetiki_1/ - Дата доступа: 10.10.2018.
3. «Энергетика 2015» [Электронный ресурс]. -2018. -Режим доступа: <http://investinbelarus.by/docs/Energy.pdf> - Дата доступа: 10.10.2018.
4. Методика расчета выбросов парниковых газов (CO₂-эквивалента) [Электронный ресурс]. - 2018. - Режим доступа: <http://sro150.ru/index.php/>

metodiki/371-metodika-rascheta-vybrosov-parnikovyykh-gazov. - Дата доступа: 10.10.2018.

5. Управление торможением многозвенного автопоезда с рекуперацией тормозной энергии /М.С. Высоцкий, С.В. Харитончик, Н.А. Поздняков // Механика машин, механизмов и материалов. 2011. № 4 (17), стр. 13–18.

УДК 629.113

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ

С.В. Занемонский, ст. преподаватель,

Т.А. Варфоломеева, ст. преподаватель, А.Г. Белевич, ассистент
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение

Транспортные средства являются неотъемлемой частью технической базы сельскохозяйственного производства. На транспортные работы расходуется до 30 % общих затрат труда и 50 % затрат энергии в сельском хозяйстве.

Для использования транспорта в сельском хозяйстве характерна сезонность: более 70 % грузов в растениеводстве перевозятся в период уборки урожая, что создаёт большую напряжённость в работе транспортных средств. В этот для перевозки грузов широко используют тракторный парк. Себестоимость перевозок грузов тракторными поездами выше, чем автомобилями, но в целях сокращения сроков проведения уборочных работ, предотвращения потерь продукции и снижения её качества эти повышенные затраты на перевозки бывают вполне оправданы.

Основная часть

Возможности повышения эффективности перевозок очень большие. Они заложены в дальнейшем осуществлении комплексного развития транспорта, его технического перевооружения, совершенствования планирования перевозок и потребности в подвижном составе. Особенно важно установить оптимальную струк-