

УДК 629.03

С.А. АЛЁХИН, Г.К. ПОПОВ

*Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина***ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ**

В статье рассмотрен вопрос о целесообразности применения вспомогательных силовых установок (ВСУ) на наземных транспортных средствах. Приведены сравнительные технические характеристики существующих ВСУ. Рассмотрены вопросы о возможной классификации ВСУ, а также преимущества и недостатки различных вариантов конструктивного исполнения ВСУ в зависимости от способа установки их на транспортном средстве. Приведены краткие технические характеристики ВСУ, разработанных в КП "ХКБД". Дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения ВСУ на наземных транспортных средствах.

Ключевые слова: дизель, вспомогательная силовая установка.

Введение

За последние годы мощность и стоимость силовых установок наземных транспортных средств возросла в 2,5...3 раза [1 – 3]. Однако большая часть ресурса основного двигателя связана с так называемым "стояночным режимом", во время которого производится зарядка аккумуляторных батарей и энергоснабжение систем транспортного средства. При этом основной двигатель работает в режиме низких частот вращения и малых нагрузок, что вызывает нагревание выпускного тракта, заброс масла в выпускной ресивер и, как следствие, появление дыма на выпуске. Кроме того, двигатель при работе на режимах малых нагрузок имеет большие значения удельного эффективного расхода топлива [4, 5]. Данные по расходу топлива на этих режимах для некоторых двигателей приведены в табл. 1.

С целью экономии ресурса основного двигателя и снижения расхода топлива, а также обеспечения потребителей электроэнергией при неработающем основном двигателе на современных наземных транспортных средствах применяются вспомогательные силовые установки - энергоагрегаты.

Таблица 1

Данные по расходу топлива на "стояночном режиме"

Двигатель	В-46	В92С2	5ТДФ	6ТД-1	6ТД-2
Расход топлива, кг/ч	19	23	17	19	25

Мощность современных вспомогательных силовых установок находится в довольно широких пределах - от 3 до 18 кВт. Характеристики вспомогательных силовых установок некоторых транспортных средств приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики вспомогательных силовых установок

Страна	Транспортное средство	Источник энергии	Электрическая мощность на клеммах генератора	Габариты (L×B×H), мм	Масса, кг	Расход топлива, кг/ч	Занимаемый объем, м ³	Габаритная мощность, кВт/м ³	Удельная мощность, кВт/кг
США	М-1	ГТД	10	1460×600×375	53	25	0,32	31,2	0,19
		дизель	5	720×660×645	50	4,0	0,30	16,7	0,10
Англия	Челленджер	дизель	16	1100×460×830	286	6,6	0,42	38	0,056
Германия	Леопард-2	ГТД	10		58	25	0,35	28,6	0,17
		дизель	10	685×470×425	180	4,4	0,14	71,4	0,056
Россия	Т-80	ГТД	18	930×410×290	82	27	0,11	163,6	0,22
	Т-90	ГТД	18	1795×572×272	110	27	0,28	64,3	0,16
	САУ"МСТА	ГТД	18	867×550×580	110	27	0,28	64,3	0,16
Китай	МВТ-2000	дизель	3		120	1,5	0,11	27,3	0,025
Украина	Т-84	дизель	8	1450×485×315	285	3,4	0,2	40	0,03
	"Оплот"	дизель	10	1300×495×315	250	3,8	0,2	50	0,04
	"Аль-Халид"	дизель	10	1300×495×315	250	3,8	0,2	50	0,04
	Т-72	дизель	10	1368×550×345	250	3,8	0,26	38,5	0,04

Результаты исследований

Уровень мощности вспомогательной силовой установки зависит от количества одновременно работающих потребителей в транспортном средстве и количества потребляемой ими энергии.

В качестве приведенных двигателей генератора электрической энергии используются малогабаритные 4-х тактные дизельные двигатели или малоразмерные газотурбинные двигатели. Газотурбинные двигатели имеют гораздо худшую экономичность по сравнению с поршневыми двигателями. К примеру, дизельный двигатель мощностью 8 кВт имеет расход топлива 3,4...3,6 кг/ч, а газотурбинный двигатель той же мощности - 18 кг/ч, т.е. больше почти в 5 раз.

Способы установки вспомогательной силовой установки на транспортном средстве показаны на схеме, рис. 1



Рис. 1. Способы установки вспомогательной силовой установки на транспортном средстве

Вариант каждой из установок вспомогательной силовой установки определяется из конкретных требований к транспортному средству. Каждый из вариантов расположения вспомогательной силовой установки имеет свои преимущества и определённые технические трудности в частности при монтаже на имеющиеся, а не вновь разрабатываемые транспортные средства.

Навесные вспомогательные силовые установки располагаются на транспортном средстве и не имеют общих систем с транспортным средством. Могут эксплуатироваться на месте установки или на определённом расстоянии от него с целью обеспечения комфортных условий работы экипажа, даёт возможность использования вспомогательной силовой установки в широких пределах без привязки к конкретному транспортному средству.

Встроенные на борту силовые установки имеют общие с транспортным средством системы питания топливом и электрическую. Вспомогательные силовые установки в данном случае устанавливаются в отдельном герметичном отсеке с целью сохранности при эксплуатации.

Встроенные в моторно-трансмиссионное отделение (МТО) транспортного средства вспомогательные силовые установки, устанавливаются непосредственно

в МТО и не требуют специальных отсеков под их установку.

Отличительной особенностью данного типа вспомогательных силовых установок является их конструктивное исполнение с учётом особенностей того или иного транспортного средства.

Казённым предприятием "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению" разработан и внедрён в серийное производство ряд вспомогательных силовых установок для наземных транспортных средств - ЭА8, ЭА8А и ЭА8АИ мощностью на клеммах генератора 8 кВт [6]. Все вспомогательные силовые установки выполнены в виде силового модуля.

В состав вспомогательных силовых установок входят: малолитражный четырёхтактный дизельный двигатель 468А мощностью 11,4 кВт, стартер-генератор СГ-18-1С или СГ-10-1С и системы, обеспечивающие работоспособность дизеля: система смазки, охлаждения, воздухообеспечения, управления и аварийно-предупредительной сигнализации.

Дизельный двигатель и все системы установлены на раме, которая крепится к отсеку транспортного средства. Вспомогательная силовая установка имеет общие с транспортным средством топливную и электрическую системы, а системы охлаждения и смазки автономные. Управление пуском и режимами работы осуществляется дистанционно с места механика-водителя транспортного средства.

Общий вид вспомогательной силовой установки ЭА8 представлен на рис. 2.

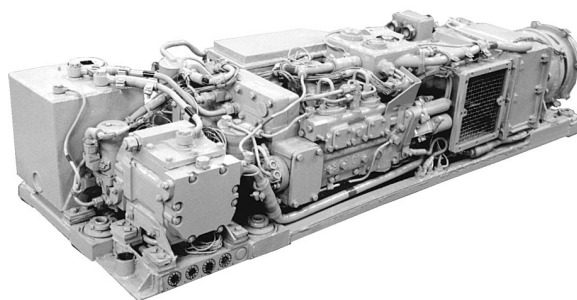


Рис. 2. Вспомогательная силовая установка ЭА8

Для повышения конкурентоспособности на рынке вспомогательных силовых установок в КП "ХКБД" были разработаны установки ЭА10-1, ЭА10М и ЭА10-2 мощностью 10 кВт.

Основным при разработке вышеуказанных ВСУ была доработка двигателя 468А. Новая модификация 468А-1 имеет мощность 14,4 кВт, при этом прирост мощности обеспечен в основном за счёт улучшения топливной экономичности.

Удельный расход топлива составляет 268 г/кВт·ч у двигателя 468А-1, против 313 г/кВт·ч у двигателя 468А.

Такие результаты обеспечены применением ряда конструктивных мероприятий:

- совершенствованием камеры сгорания и распылителя форсунки;
- совершенствованием клапанного механизма;
- совершенствованием системы смазки двигателя;
- совершенствованием системы суфлирования;
- совершенствованием системы воздушноснабжения.

Вспомогательная силовая установка ЭА10-1 имеет следующие характеристики:

Мощность на клеммах генератора, кВт	- 10.
Расход топлива на режиме максимальной мощности, кг/ч	- 3,8.
Расход масла на угар, кг/ч	- 0,09.
Напряжение, В	- 28,5.
Род тока	- постоянный.
Масса, кг	- 250.
Габаритные размеры, мм	
- длина	- 1300.
- ширина	- 495.
- высота	- 315.

Общий вид вспомогательной силовой установки ЭА10-1 представлен на рис. 3.

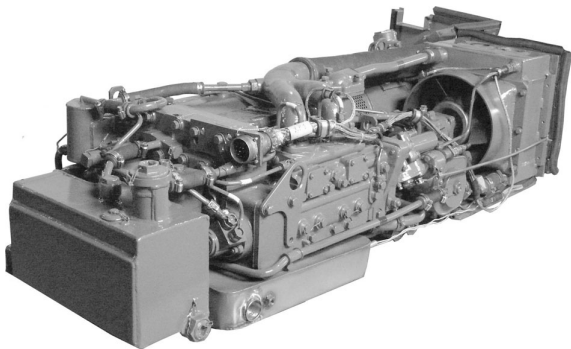


Рис. 3. Вспомогательная силовая установка ЭА10-1

Вспомогательная силовая установка ЭА10-1 является встраиваемой. Монтаж её производится в герметичный осек, находящийся на борту транспортного средства. Подключение ВСУ производится к системе питания топливом и электрической транспортной средства. ВСУ состоит из следующих составных частей и систем:

- четырёхтактного двухцилиндрового дизельного двигателя 468А-1;
- стартер-генератора СГ-10-1С;
- системы смазки;
- системы охлаждения;
- системы воздушноснабжения;
- системы питания топливом;

- системы выпуска отработавших газов.

Все составные части и системы ВСУ ЭА10-1 смонтированы на раме и конструкция представляет собой единый модуль.

Вспомогательная силовая установка ЭА10М имеет следующие характеристики:

Мощность на клеммах генератора, кВт	- 10.
Расход топлива на режиме максимальной мощности, кг/ч	- 3,8.
Расход масла на угар, кг/ч	- 0,09.
Напряжение, В	- 28,5.
Род тока	- постоянный.
Масса полного комплекта, кг	- 560.
Габаритные размеры, мм	
- длина	- 1450.
- ширина	- 550.
- высота	- 390.

Общий вид вспомогательной силовой установки ЭА10М представлен на рис. 4.



Рис. 4. Вспомогательная силовая установка ЭА10М

Вспомогательная силовая установка ЭА10М является навесной. Монтаж её производится на борту транспортного средства в любом наиболее подходящем месте обеспечивая неизменность габаритных размеров его.

В состав ВСУ входят следующие составные части: энергоагрегат ЭА10, который комплектуется комплектом электрооборудования и бронированным отсеком. По своему конструктивному назначению энергоагрегат ЭА10 аналогичен ВСУ ЭА10-1.

Энергоагрегат ЭА10 и комплект электрооборудования устанавливаются в бронированный отсек.

Отсек представляет собой герметичную конструкцию коробчатого типа, изготовленную из броне-

вого листа. Оснащён герметичными люками для функционирования и обслуживания.

Электрооборудование ВСУ состоит из блока пуско-регулирующей аппаратуры со встроенным пультом управления, пульта управления режимами работы, расположенным у оператора (механика-водителя) и комплекта соединительных кабелей.

ВСУ ЭА10М в полном комплекте устанавливается на транспортное средство и подключается к бортовой сети и топливной системе. Управление всеми режимами работы производится с пультов, установленных в отсеке ВСУ или в отделении управления внутри транспортного средства.

Вспомогательная силовая установка ЭА10-2 имеет следующие характеристики:

Мощность на клеммах генератора, кВт	- 10.
Расход топлива на режиме максимальной мощности, кг/ч	- 3,8.
Расход масла на угар, кг/ч	- 0,09.
Напряжение, В	- 28,5.
Род тока	- постоянный.
Масса, кг	- 250.
Габаритные размеры, мм	
- длина	- 1368.
- ширина	- 550.
- высота	- 345.

Общий вид вспомогательной силовой установки ЭА10-2 представлен на рис. 5.

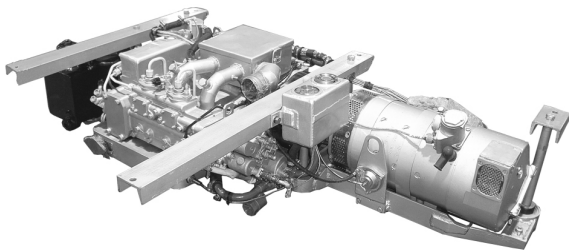


Рис. 5. Вспомогательная силовая установка ЭА10-2

Вспомогательная силовая установка ЭА10-2 является встраиваемой в моторно-трансмиссионное отделение транспортного средства. Монтаж её производится в МТО над основным двигателем. Конкретные условия расположения ВСУ определили её конструктивное исполнение. ВСУ ЭА10-2 по своей конструкции является модульной:

- силовой модуль;
- агрегат системы охлаждения.

В состав силового модуля входят:

- четырёхтактный двухцилиндровый дизельный двигатель жидкостного охлаждения 468А-1;
- стартер-генератор СГ-10-1С;
- система смазки;

- система воздухообеспечения;
- система выпуска отработавших газов.

Составные части и системы силового модуля смонтированы на раме.

В состав агрегата охлаждения входят радиатор и электрические вентиляторы.

Силовой модуль и агрегат охлаждения соединены между собой трубопроводами.

ВСУ ЭА10-2 устанавливается в транспортное средство и подключается к бортовой электрической сети и топливной системе. Управление всеми режимами работы производится с пульта, устанавливаемого в отделении управления транспортного средства.

Разработанные ВСУ полностью обеспечивают функционирование всех электрических систем транспортного средства, что даёт возможность функционирования его в стационарном режиме при выходе из строя основного двигателя.

ВСУ могут применяться в качестве дополнительного средства для запуска основного двигателя.

В процессе эксплуатации основной двигатель набирает до капитального ремонта ориентировочно 1000 моточасов, при этом работа в стационарном режиме занимает более 50% указанного времени.

Применение ВСУ даёт возможность увеличить пробег транспортного средства в 2 раза без замены основного двигателя.

Кроме того, имеется экономическая целесообразность. Цена ВСУ не превышает стоимости капитального ремонта основного двигателя транспортного средства.

Исходя из вышеизложенного, окупаемость ВСУ происходит при наработке основного двигателя в объёме 500 часов.

При работе основного двигателя в стационарном режиме расход ГСМ в среднем составляет:

- дизельного топлива - 19 кг/ч;
- масла на угар - 3 кг/ч.

Расход ГСМ ВСУ при работе на максимальной мощности составляет:

- дизельного топлива - 3,8 кг/ч;
- масла на угар - 0,09 кг/ч.

Экономия ГСМ за 1 час эксплуатации в стационарном режиме составляет:

- топлива - $\Delta G_T = 15,2$ кг;
- тмасла - $\Delta G_M = 2,9$ кг.

При цене за 1 кг топлива - 0,85\$ и масла 2,5\$ экономический эффект в час составляет:

$$(15,2 \times 0,85) + (2,9 \times 2,5) = 20,1\$.$$

При наработке в объёме 1000 моточасов экономический эффект за счёт сокращения расходов на ГСМ составляет:

$$20,1\$ \times 1000 = 20\ 100\$.$$

Вывод

Суммарный экономический эффект от применения ВСУ в транспортном средстве за каждые 1000 часов работы с учётом сокращения затрат на ремонт и ГСМ составляет 95 100\$.

Разработанные в КП "ХКБД" вспомогательные силовые установки могут использоваться на всех видах наземных транспортных средств.

Литература

1. ГОСТ 23162–78. Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Система условных обозначений [Текст]. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1978. – 38 с.
2. Полная энциклопедия танков мира 1915...2000 [Текст]. – Мн. ООО Харвест, 2000. – 575 с.

3. Танки и самоходные установки [Текст]. – М.: ООО "Издательство АСТ", 2000 – 336 с.

4. Объект 434. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Текст]. – М.: Военное изд-во, 1986 – 768 с.

5. Руководство по материальной части и эксплуатации танка Т– 62 [Текст]. – М.: Военное изд-во 1968 – 752 с.

6. Заявка на изобретение Украины "Вспомогательный энергоагрегат", регистрационный № 200512245 от 19.12.2005 г.

7. Пат. 72561 Україна, МПК (2012.01), F02B 63/00. Допоміжний енергоагрегат [Текст]. Альохін С.О.; Салтовський В.В.; Попов Г.К., Мотора О.А., Дьомін Ф.О., Кузьменко О.І., Струков В.П., Любченко В.М., Жуков О.С.; Казенне підприємство "Харківське конструкторське бюро з двигунобудування". – № u20120046; заявл. 16.01.2012; надруковано 27.08.2012, Бюл. 16. 3 с.

Поступила в редакцию 30.05.2013, рассмотрена на редколлегии 12.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры "Авиационные двигатели" В.П. Герасименко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.

ДОПОМІЖНІ СИЛОВІ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ

С.О. Альохін, Г.К. Попов

В статті розглянуто питання доцільності застосування допоміжних силових установок (ДСУ) на наземних транспортних засобах. Наведені порівняльні технічні характеристики існуючих ДСУ. Розглянуто питання про можливу класифікацію ДСУ, а також переваги та недоліки різних варіантів конструктивного виконання ДСУ в залежності від способу встановлення їх на транспортному засобі. Наведені короткі технічні характеристики ДСУ, які розроблені в КП "ХКБД". Дано техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування ДСУ на наземних транспортних засобах.

Ключові слова: дизель, допоміжна силова установка.

AUXILIARY POWER UNITS OF VEHICLES AND PROSPECTS OF THEIR DEVELOPMENT

S.A. Alyokhin, G.K. Popov

In this article the matter on expediency of application of auxiliary power units (APU) on ground vehicles is considered. Comparison characteristics of existing APU are given. Questions with possible classification APU, and also advantages and lacks of various variants of design APU are considered depending on a way of their installation on a vehicle. The brief characteristics APU developed in SE KEDB are given. The feasibility report on expediency of application APU on ground vehicles is given.

Key words: diesel, auxiliary power units.

Алехин Сергей Алексеевич – канд. техн. наук, генеральный конструктор Казённого предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.

Попов Геннадий Константинович – главный конструктор Казённого предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.