



ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА ЕЛЕКТРОБУСНИЯ ТРАНСПОРТ В ГРАД СОФИЯ

Георги Павлов, Любомир Секулов, Георги Димитров, Мартина Томчева
pavlov61@abv.bg, res_start@abv.bg, dimitrov_gd@mail.bg, martito_666@abv.bg

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”, 1574 София, ул. Гео Милев № 158
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** Градски електрически транспорт, електрически автобуси, енергийна ефективност.*

***Резюме:** Проектирането и експлоатацията на енергийно ефективни електрически транспортни средства ще спомогне за постигането на основните приоритети на стратегията „Европа 2020“. Основната цел е внедряването на новите технологии за създаване на екологични превозни средства и намаляване на зависимостта им от традиционните горива.*

София притежава най-голямата и най-сложна градска транспортна система в България, която включва различни видове транспорт – автобусен, трамваен, тролейбусен и метро. От края на 2018 г. в град София са в експлоатация 20 електробуса модел Yutong E12LF, производство на компанията Zhengzhou Yutong Group Co Ltd. Електробусът Yutong E12LF е 100% електрически - задвижването му и всички спомагателни системи, включително отоплението и климатизацията, се хранят от Li-ion акумулаторна батерия. В края на 2019 г. в столичния електротранспорт се очаква да се въведе в експлоатация още един модел електробус, но със хранване от ултра-кондензаторна батерия.

В доклада са анализирани техническите параметри и характеристики на експлоатираните модели електробуси в столицата. Показани са основните резултати от проведеното експериментално изследване на енергийната ефективност на експлоатираните модели електробуси. Изследването е проведено с използване на подходяща микропроцесорна измервателна техника по оригинална и специално разработена за целта методика. Направен е анализ на получените резултати, на базата на който са формулирани конкретни препоръки за повишаване на енергийната ефективност на возилата.

ВЪВЕДЕНИЕ

Общественият градски транспорт играе съществена роля за градската мобилност на населението в големите градове. В тази връзка особено ефективен и екологичен се явява електрическият транспорт.

От началото на 2016 г. Столична община стартира втори етап на „Програма за обновяване на автобусния парк”, по която след проведена тръжна процедура през октомври 2018 г. за нуждите на „Столичен автотранспорт” ЕАД са доставени 20 електрически автобуса, хранвани от тягови акумулаторни батерии, модел **Yutong**

E12LF, произведени от компанията Zhengzhou Yutong Group Co Ltd. По инициатива на „Столичен електротранспорт” ЕАД и чрез заем от ЕБВР през есента на 2019 г. се очаква да бъдат закупени и доставени 15 бързозареждащи се (с ултра-кондензаторни батерии) електробуса модел **Higer Cheriот e-bus**.

В доклада са представени резултати от проведено изследване върху енергийното потребление на електробуси **Yutong E12LF**, експлоатирани в гр. София. Обработката на данните от измерванията и анализът са проведени по специално разработена за целта методика, чрез използване на аналитични методи за определяне на енергийните показатели.

ПРЕДПОСТАВКИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Първият тестван електробус в гр. София е **Higer Cheriот e-bus**, който е кооперирано производство на китайската фирма за автобуси „Higer Bus Company” Ltd и израелската „Cheriot Motors” JSC. Електробусът се задвижва с асинхронни тягови двигатели и се захранва от ултра-кондензаторна батерия. Той е експлоатиран пробно в продължение на една година и половина (май 2014÷ноември 2015) от „Столичен електротранспорт” ЕАД по маршрута на тролейбусна линия №11. Основните технически данни на този електробус са посочени в таблица 1.

Таблица 1

Основни технически данни на тествания в гр. София електробус с ултра-кондензаторна батерия Higer Cheriот e-bus

Размери (дължина, широчина, височина)	Д: 12000 mm, Ш: 2550 mm, В: 3210 mm
Пътнически капацитет седалища/общо	28+1/70+1
Собствена/обща маса	12540/18000 kg
Брой оси - общо/двигателни	2/1
Брой двигателни оси	1
Брой, тип и мощност на тяговите двигатели	2 броя асинхронни двигателя Siemens 1PV5135-4WS28, 67 kW, 530 Nm
Тип и капацитет на тяговата батерия	Ултра-кондензаторна батерия AOWEI, 600 V, 21 kWh
Отопление/охлаждане	Водно с печка на ДГ Webasto/климатик Thermo King
Максимална скорост	80 km/h

През 2017 г. от „Столичен автотранспорт” ЕАД са проведени и тестове с електробуси, захранвани от акумулаторни батерии. Моделите и основните технически данни на тези електробуси са посочени в таблица 2 [1].

Таблица 2

Основни технически данни на тестваните в гр. София електробуси с тягови акумулаторни батерии от „Столичен автотранспорт” ЕАД

Модел електробус	Yutong E12	SOR Ebn 11	SOR Ebn 8	Solaris Urbino 12 electric
Технически параметър				
Размери (дълж./широч./височ.)	12,17/2,55/3,34m	11,1/2,52/2,92 m	8,0/2,525/2,92 m	12,0/2,55/3,33 m
Пътнич. капацитет - седалища/общо	27+1/90+1	29+1/85+1	16+1/50+1	30+1/70+1
Собствена/обща маса	н.д./18,5 t	10,0/16,5 t	8,9/12,7 t	н.д./~19,0 t
Тягов двигател - тип/мощност	Синхр./215 kW	Асинхр./120 kW	Асинхр./120 kW	Асин.2x110 kW
Тип и капацитет на тягов. батерия	Li-ion, 295 kWh	Li-ion, 172 kWh	Li-ion, 172 kWh	Li-ion, 240 kWh
Отопление/охлаждане	Конв./климатик	Водно с печка на ДГ/климатик	Водно с печка на ДГ/климатик	н.д./климатик
Максимална скорост	70 km/h	80 km/h	80 km/h	80 km/h

В реални експлоатационни условия, върху разхода на електрическа енергия оказват влияние редица допълнителни фактори, всеки от които има различна тежест.

Състояние на пътната инфраструктура – Влошеното състояние на градската пътна инфраструктура води до по-ниски максимални скорости на движение на електробусите. Крайният ефект е повишаване на общия относителен разход на енергия e_c , изразен в kWh/km.

Трафик, организация и регулиране на движението – Движението на електробусите в интензивен трафик е съпроводено с чести спирания и потегляния, които от своя страна водят както до повишаване на общото потребление на електрическа енергия, респ. на общия относителен разход e_c , kWh/km. От друга страна множеството светофарни уредби за регулиране на движението също водят до накъсване непрекъснатия ход на возилата.

Квалификация на водачите – Техниката на управление на електробусите от страна на водачите може да окаже съществено влияние върху енергийното потребление, като отклоненията могат да достигнат до 10÷15% от оптималните за даден маршрут стойности.

Поддържане на микроклимат в салона за пътници – Изискванията за целогодишен топлинен комфорт на пътниците е свързано с допълнителен разход на електрическа енергия за отопление през зимните месеци и охлаждане през летните, който оказва влияние върху общия енергиен разход на електробусите.

Електробусът **Higer Cheriote e-bus** е експлоатиран от „Столичен електротранспорт“ ЕАД по тролейбусна линия № 11 в едносменен (8,5 h от 7:00 до 15:30) режим на работа, като общият му дневен пробег (вкл. технически и нулев) е бил до 90,5 km. Целеви измервания на разхода на енергия за пълна работна смяна на електробуса са извършени с използване на измервателни средства на фирма LEM, монтирани на фидера в съответната токоизправителна станция. Грешката на напреженовият и токовият сензори е изследвана по методиката посочена в [2], като за диапазона на измерваните ток и напрежение, общата относителна сумарна грешка на енергийните измервания е +0,6%. Резултатите от проведените през месеци януари и юни 2015 г. изследвания за разхода на енергия са показани в таблица 3.

Таблица 3

*Данни за относителния разход на енергия на изследвания през 2015 г. в гр. София
електробус със ултра-кондензатор Higer Cheriote e-bus*

Дата	Трол. линия	Тип експл. ден	Тестван Е-Бус	Работни часове	Пробег	Средна експл. външна температура	Общо разход kWh	Относит. разход kWh/km
			сл. №	hh:mm	km	°C		
23.01.15	ТБ11	Празник	1701	8:30	90,3	9,3	107,5	1,190
10.02.15	ТБ11	Делник	1701	8:30	90,5	-3,9	121,0	1,337
04.06.15	ТБ11	Делник	1701	8:30	90,4	24,5	124,5	1,377
06.06.15	ТБ11	Празник	1701	8:30	90,4	23,4	102,0	1,128

ТБ11 – Ж.К. Дружба 1 - Площад Сточна гара

Резултатите представени в [1] за общия относителен разход на енергия, след проведените от „Столичен автотранспорт“ ЕАД през 2017 г. тестове на електробуси с тягови акумулаторни батерии /АБ/, са показани в таблица 4.

Представеният в таблица 4 резултат за относителния разход на енергия през зимните тестови месеци (януари - март) на електробуса **Yutong E12** буди известно съмнение, тъй като е доста нисък за експлоатация с включено електрическо отопление.

Таблица 4

Данни за относителния разход на енергия на тестваните през 2017 г. в гр. София електробуси с тягови акумулаторни батерии

Модел електробус	Автоб. линия	Сезони / мес. на тестване	Пробег	С ел. отопл. А/С, конв.	Без отопл. и А/С система	Охлажд. с А/С система	Среден разход kWh/km
			km	kWh/km	kWh/km	kWh/km	
Yutong E12	A84	зима-пролет / януари-май	13082	1,0672	-	-	1,0100
			10112	-	0,8593	-	
SOR Ebn 11	A84	пролет / март-април	4986	-	0,9926	-	0,9926
SOR Ebn 8	A314	Пролет-лято / май-август	11884	-	0,7704	-	0,7704
Solaris Urbino 12 electric	A64	Лято / август	1137	-	-	1,285	1,285

A64 – Център по хигиена - Зоопарка; A84 – Ул. „Ген. Гурко” - Летище София Терминал 2; A314 – Ж.К. Младост 1 - Село Бистрица

Получените енергийни резултати от проведените тестове са отправна база за сравнение с резултатите от проведеното изследване.

МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

От 12 декември 2018 г. в град София са в експлоатация 20 електробуса модел **Yutong E12LF**. За анализиране параметрите на енергийно потребление на електробусите са необходими данни за разхода на енергия, както и познаване на техните основни технически параметри. В таблица 3 са посочени основните технически параметри на електробуси **Yutong E12LF** [3], обект на настоящото изследване.

За отчитане на общата консумирана електрическа енергия от тяговата батерия са използвани два способа: чрез директно отчитане на състоянието на заряда SOC (State Of Charge) и чрез измерване на енергията, подадена от зарядната станция към батерията при зареждането ѝ до SOC 100%. За изчисляване на основните показатели за оценка енергийната ефективност са използвани специфични формули.

– Формули за изчисляване на общата изразходвана енергия от АБ:

$$(1) \quad \text{чрез отчитане относителния заряд на АБ: } E_{Bat} = \frac{(SOC_{st} \% - SOC_{end} \%)}{100} \cdot V_{Cap}$$

$$(2) \quad \text{чрез измерване на подадената от заряд. станция енергия към АБ: } E_{Bat} = E_{Out Ch},$$

където:

E_{Bat} е общата консумирана от тяговата батерия енергия, kWh;

$SOC_{st} \%$, $SOC_{end} \%$ – съответно начално и крайно показание на системата за отчитане състоянието на заряд на акумулаторната батерия, %;

V_{Cap} – пълен енергиен капацитет на тяговата акумулаторна батерия, kWh;

$E_{Out Ch}$ – регистрирана от зарядната станция енергия, подадена към тяговата акумулаторна батерия, kWh.

– Формула за изчисляване на общата относителна енергия:

$$(3) \quad e_c = \frac{E_{Bat}}{s},$$

където:

e_c е относителната обща консумирана от тяговата батерия енергия, kWh/km;

s – пробег на изследвания електробус, km.

Таблица 5

Основни технически данни за експлоатираните в гр. София електробуси Yutong E12LF

Модел електробус	E12LF (ZK6128BEVG)
Производител	Zhengzhou Yutong Group Co Ltd, Китай
Брой доставени в гр. София	20 бр.
Година на производство и въвеждане в експлоатация	2018
Размери (дължина, широчина, височина)	Д: 12170 mm, Ш: 2550 mm, В: 3340 mm
Брой оси	2
Брой двигателни оси	1
Собствена маса оборудван електробус (без пътници)	12900 kg
Превозен пътнически капацитет: - сеядщи - правостоящи - места за инвалиди и колички	32 36 1
Обща маса на електробуса (с пълен капацитет)	18500 kg
Максимална скорост:	70 km/h
Захранващ източник	Литиево-йонна (Lithium-Fer-Phosphate) батерия
Напрежение и капацитет на батерията	600 VDC, 374 kWh
Брой цикли заряд/разряд до намаляване капац. с 20%	Макс. ~4000 при 25°C; ~2100 при 45°C
Препоръчителен експлоатационен разряд на батерията	До 25% от капацитета (разп. енергия ~280 kWh)
Максимално допустим разряд на батерията	До 12% от капацитета
Време за зареждане: - при нормален заряд (60 kW) - при ускорен заряд (120 kW)	6÷6,5 h 3÷4,5 h
Брой и тип тягови двигатели	1 брой трифазен синхронен с постоянни магнети и водно охлаждане тип YTM280-CV9-H
Мощност и въртящ момент тяговия двигател	Номинална 215 kW (пикова 350 kW), 1200 Nm
Спирачна система: - пневматична - електрическа	Двукръгова, пневматична за предната и задната оси, пружинна паркинг спирачка. Електродинамична рекуперативна на задната двигателна ос с ефективност до ~35%
Размер на гумите	275/70/22,5
Мощност на електрическото отопление: - в салона – 4 бр. вентилаторни конвектори - при вратите – 3 бр. вентилаторни конвектори - при водача – вентилаторен конвектор	4x2,5 kW, U=600 V, 3x1,5 kW, U=600 V 8,0 kW, U=600 V (степенни 3, 5 и 8 kW)
Покривна климатична система – CLING DC инвертор - ефективна отоплителна мощност - ефективна охладителна мощност - въздушен поток през изпарителя - въздушен поток през кондензатора - приведена максимална електрическа мощност	34,9 kW (30000 kcal/h) 37,2 kW (32000 kcal/h) 6000 m ³ /h 9400 m ³ /h ~13,5 kW
Пробег с едно зареждане при 2 до 3 спирки на km: - без вкл. отопление и А/С (20°C външна темп.) - с включена А/С система (20°C външна темп.)	370 km (отн. разход ~0,75÷0,80 kWh/km) 290 km (отн. разход ~0,97÷1,02 kWh/km)

Разходът на енергия за отопление и охлаждане на електробусите оказва съществено влияние върху общия експлоатационен разход на енергия, респективно на експлоатационния пробег на возилата. В режим на отопление електрическите

вентилаторни конвектори (калорифери) работят в синхрон, но противофазно, с инверторния климатик. При вътрешна температура над 22-25°C климатичната система (A/C) работи в режим на охлаждане. Съоръженията за отопление и климатичната система се управляват автоматично от климацентър, според зададената за поддържане вътрешна температура в салона за пътници.

– Формули за изчисляване на средната относителна енергия за тягови нужди и относителната енергия за отопление, вентилация и климатизация /HVAC/:

$$(4) \quad e_{ave\ trac} = \sum_{i=1}^n \frac{E^*_{Bat\ i}}{s_i} \quad e_{HVAC} = \frac{E_{Bat}}{s} - e_{ave\ trac},$$

където:

$e_{ave\ trac}$ е средната относителната енергия за тягови нужди, kWh/km;

$E^*_{Bat\ i}$ – потребена от i -тия електробус енергия от тяговата АБ без А/С и отопл., kWh;

s_i – пробег на i -тия изследван електробус по дадена маршрутна линия, km.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

Изследването е проведено през периода февруари-юли 2019 г. В изследването са обхванати повече от половината електробуси **Yutong E12LF**, обслужващи линии №№ 9 и 309. Всички изследвания са проведени при сухо време и различни температурни условия на експлоатация.

Установено е, че при линия № 9 за технически и нулев пробег, както и за подготовка на електробуса за работа, средно през месеците май и юни до началото на маршрутното движение се разходва около 1÷1,5% от заряда на батерията (3,7÷5,6 kWh), а при линия № 309 – до 1%. Последното е отчетено при част от проведените изследвания. Според използвания метод на отчитане (измерване), общият експлоатационен на разход на енергия е определен по формули (1) или (2).

Резултатите от измерванията на разхода на енергия на електробусите, обслужващи линии №№ 9 и 309, проведени при характерни средни експлоатационни външни температури, както и изчислените стойности на относителните енергии са показани в таблица 6.

Таблица 6

Резултати от проведените измервания на разхода на енергия на електробусите Yutong E12LF

Дата	Автоб. линия	Тестван Е-Бус	Час на отчитане	Пробег	Средна експл. температура външ./вътр.	Показ. на SOC		Общ експл. разход на енергия	Относителен разход на е-я	
						нач.	кр.		общ	HVAC
		сл. №	hh:mm	km	°C	%		kWh	kWh/km	
С включено отопление при средна външна експлоатационна температура -5÷-6°C										
23.02.19	309	2804	22:01*	136,3	-5,9/14,7	100	38	235,7	1,729	0,953
24.02.19	309	2806	14:18*	137,2	-5,7/14,6	100	39	230,9	1,683	0,916
С включено отопление при средна външна експлоатационна температура 0÷5°C										
08.02.19	309	2808	21:42*	136,2	1,9/15,1	100	55	175,0	1,285	0,524
09.02.19	9	3013	9:01	24,1	0,1/14,7	98	89	33,7	1,397	0,631
09.02.19	309	2805	15:21*	136,4	1,3/15,2	100	49	191,7	1,405	0,641
Без или с много кратковременно включена климатична система										
03.05.19	9	3016	8:58	23,6	10,2/ -	99	94	18,7	0,792	-
03.05.19	309	2807	15:37*	137,1	15,5/ -	100	71	107,0	0,781	-
03.05.19	309	2804	23:42*	136,4	19,7/ -	100	74	98,8	0,724	-
03.05.19	309	2805	21:50*	271,5	17,6/ -	100	43	213,9	0,788	-
11.07.19	309	2808	10:22	100,0	17,0/ -	99	79	74,8	0,748	-

Дата	Автоб. линия	Тестван Е-Бус	Час на отчитане	Пробег	Средна експл. температура външ./вътр.	Показ. на SOC		Общ експл. разход на енергия	Относителен разход на е-я	
						нач.	кр.		общ	HVAC
		сл. №	hh:mm	km	°C	%		kWh	kWh/km	
С включена климатична система при средна експлоатационна температура 18÷20°C										
05.06.19	9	3016	13:56	65,4	18,1/23,2	93	74	71,1	1,087	0,320
17.06.19	9	3018	8:20	46,6	19,2/23,8	99	86	48,6	1,043	0,279
24.06.19	9	3012	9:37	42,9	18,5/23,7	99	87	44,9	1,046	0,283
30.06.19	9	3011	11:42	77,6	18,2/23,4	99	77	82,3	1,060	0,295
10.07.19	9	3011	11:52	66,4	18,6/23,3	99	78	71,1	1,070	0,306
С включена климатична система при средна експлоатационна температура 20÷25°C										
12.06.19	9	3018	12:45	73,1	21,2/23,5	99	77	82,3	1,126	0,360
26.06.19	9	3016	16:11	131,8	23,2/24,0	99	61	142,1	1,078	0,295
27.06.19	9	3015	13:11	23,4	21,3/23,6	84	77	26,2	1,119	0,352
С включена климатична система при средна експлоатационна температура ≥25°C										
27.06.19	9	3015	13:11	21,4	27,5/23,6	84	77	26,2	1,224	0,455
02.07.19	9	3012	13:41	57,2	25,8/23,8	92	75	63,6	1,112	0,358
02.07.19	9	3014	15:11	51,5	27,3/23,9	88	61	63,6	1,234	0,460
03.07.19	9	3014	13:41	42,9	27,0/23,9	85	71	52,4	1,220	0,452
04.07.19	9	3011	13:43	53,1	25,2/24,1	87	70	63,6	1,197	0,432
05.07.19	9	3019	15:34	80,5	26,1/22,9	94	68	97,2	1,208	0,443

*Отчетите на SOC са направени при включване на електробуса към зарядна станция

ОСНОВНИ ИЗВОДИ ОТ ПРОВЕДЕНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ

Събраните по експериментален път енергийни данни за изследваните електробуси **Yutong E12LF** и получените резултати след тяхната аналитична обработка позволяват да се направят следните изводи:

- Средният относителен общ разход на енергия при външна температура близка до -6°C е 1,71 kWh/km, но при средна вътрешна температура ~15°C. При външни температури под -10°C може да се очаква този разход да достигне стойност ~2,0 kWh/km, отново при средна вътрешна температура ~15-16°C.
- Средният относителен разход на енергия без включена климатична система и при средна външна температура около 18,5°C е 0,768 kWh/km, който е близък по стойност до този посочен от производителя (виж табл. 5).
- Средният относителен разход на енергия с работеща климатична система и при средна външна температура около 18,5°C е ~1,06 kWh/km. При средна външна температура в диапазона 20÷25°C – относителния разход на енергия е ~1,11 kWh/km.
- При средни външни температури 26-27°C относителния разход на енергия е ~1,20 kWh/km, като при температура около 35°C, относителния разход може да достигне 1,35 kWh/km.

Получените резултати от проведеното изследване са сродни с тези, получени при експлоатацията на електробуси **Yutong E12** в Париж [4], както и на електробуси **Yutong E12LF** в други европейски градове.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от проведеното изследване върху разхода на енергия на електробусите **Yutong E12LF** показват тяхната по-висока енергийна ефективност в сравнение с тази на експлоатираните в гр. София 12-метрови тролейбуси **Škoda Solaris**. Тя най-вероятно се дължи на високотехнологичното електродвижане, реализирано със синхронни двигатели с постоянни магнити.

Към настоящият момент е трудно да се прогнозира експлоатационният живот на тяговата акумулаторна батерия, но въз основа на проведени симулации от производителя [4] и при до 450 цикъла разряд/заряд на година, може да се предположи, че тя ще запази работоспособността си за не по-малко от 6-7 години при спад на капацитета ѝ с около 20%.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Vasilev P., Bus fleet investment through deployment of Low Emission Vehicles – Presentation of Sofia Autobus Company („Stolichen Autotransport” EAD), 24 April 2018, Politehnica University of Bucharest, Splaiul Independentei 313, Bucharest, 2018
- [2] Димитров В., Методология за изследване на сензори, специфични за съвременни електрически транспортни средства, Научно списание „Механика, Транспорт, Комуникации”, ISSN 1312-3823, том 12, брой 1, 2014 г. статия № 0933, стр. X-14–X-19
- [3] E12 (ZK6128BEVG) City buses YUTONG, Bus parameters, URL: [https://en.yutong.com/products/E12 \(ZK6128BEVG\) -EuropeNA.shtml](https://en.yutong.com/products/E12_(ZK6128BEVG)_-EuropeNA.shtml) (ползван на 18.06.2019)
- [4] New Energy Buses & Solutions - YUTONG, OPERATING CASES AT HOME AND ABROAD, URL: <https://en.yutong.com/z/newenergybus/> (ползван на 10.07.2019)

RESEARCH AND ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE ELECTRIC BUS TRANSPORT IN SOFIA CITY

Georgi Pavlov, Lybomir Sekulov, Georgi Dimitrov, Martina Tomcheva
pavlov61@abv.bg, res_start@abv.bg, dimitrov_gd@mail.bg, martito_666@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str,
BULGARIA*

Key words: *Urban electric transport, Electric buses, Energy efficiency.*

Abstract: *Design and operation of energy efficient electric transport vehicles will help to achieve the key priorities of the strategy “Europe 2020”. The main objective is the introduction of new technologies for creating environmentally friendly vehicles and reduce their dependence on traditional fuels.*

Sofia city has the largest and most complicated urban transport system in Bulgaria. It includes different modes of transport – buses, trams, trolleybuses and metro. Since the end of 2018 in the city of Sofia have been in operation 20 electric buses model Yutong E12LF, manufacture of company Zhengzhou Yutong Group Co. Ltd. The electric bus Yutong E12LF is 100% electric - its drive and all auxiliary and HVAC systems are powered by a Li-ion rechargeable battery. At the end of 2019 the company "Sofia Public Electrical Transport" is expected to put into operation another model electric bus, which however is powered by ultracapacitors.

In the report an analyzes the technical parameters and characteristics of the exploited models electric buses in Sofia city as well the main results of the conducted experimental research of their energy efficiency, are presented. The research was conducted using an appropriate microprocessor measuring technique according to an original and specially developed methodology. An analysis of the obtained results, on the basis of which are formulated specific recommendations for increasing the energy efficiency of this vehicles, are presented.