

Методика и изпитване на съчленен автобус задвижван от третата ос при установено движение – I част - статични изпитвания

Лило Кунчев

A Method of a Testing a Pusher Articulated Bus in Steady State Motion – part I: In this study experiments on a model of an articulated vehicle, driven by the third axis were performed. At the same is observing strength problems occur in the area of the articulation joint mechanism.

Key words: Road Profil, Vehicle Dynamics, Accelerometers, Strain Gauges, Stress Measures.

ВЪВЕДЕНИЕ

Задвижването от третата ос при съчленените автобуси води до проблеми с курсовата устойчивост. Това е причината в зоната на съчленяването те да имат по-голям брой връзки. Тяхната задача е да ограничат степените на свобода на системата съставена от активно задно звено, чиято ос е задвижваща и тикано двусосно предно звено. Голямата дължина на този вид автобуси (17-18m) и необходимостта от връзки, ограничаващи движението между предното и задното звено, води до повишаване на напреженията в носещата им част (каркаса) при движение по пътища с отклонения от изискванията за стандартните микропрофили (асфалтобетон и паваж в добро състояние).

Благоприятни маршрути за работа на такива автобуси са тези, при които липсват резки преходи към наклоните (по големи от 3^0), остри завои и виражи. Задължително условие за продължителната работа на тези автобуси е пътищата да са в добро състояние, да се избягва преминаването през бордюри и нерегламентирани предупредителни гърбици, трамвайни прелези (което е често срещано в градски условия), заледени преспи (този ефект се наблюдава през зимните месеци, когато се натрупват заледени снежни преспи). Пропадания на пътя с дълбочина над 0.05 m също оказват неблагоприятно влияние върху напреженията в каркаса на този вид автобуси.

По време на експлоатацията в каркаса на самоносещите конструкции на автобусите възникват якостни проблеми свързани с поява на пукнатини и разрушения в зоната на закрепването на въртящия кръг към тикащото звено на автобуса. Това налага провеждането на допълнителни статични и динамични изпитвания с цел установяване и отстраняване на възникналите проблеми. За целта се използва описаната по долу методика. Изследването се проведе върху автобус с едногодишна експлоатация.

В настоящето изследване са проведени експерименти върху един модел на съчленен автобус задвижван от третата ос, при който по време на експлоатация са наблюдавани якостни проблеми в зоната на закрепване на въртящия кръг.

МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА НАПРЕЖЕНИЯ В ХАРАКТЕРНИ ЗОНИ ОТ КОНСТРУКЦИЯТА НА СЪЧЛЕНЕН АВТОБУС

1.Измервани параметри

Те се определят на база на целта на експеримента, който изисква да се определят напреженията в характерни точки от фермата на автобуса.

Измерване на напреженията.

Зоните за якостно изследване са определени съвместно с конструкторите и ползвателите на автобуса. Основно внимание е обърнато на зоната на захващане на активното задно звено към въртящия кръг (фиг. 1.) и зоните за закрепване на реактивните лостове в тиканото предно звено на автобуса. Изследвани са също усиливащите рамки на двете звена в зоната на закрепването им към пода и арковидната им горна част.

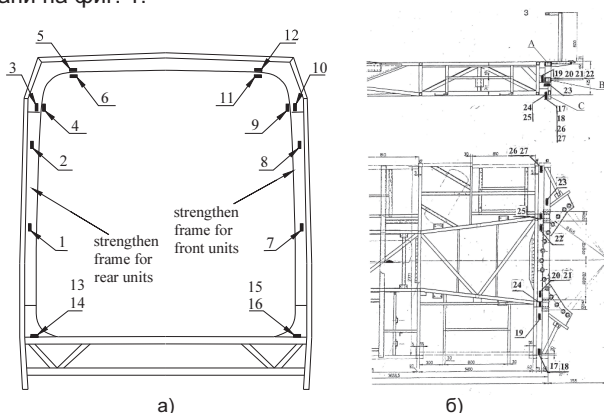
За проследяване на изменението на напреженията при различните статични режими на натоварване в този случай са използвани полумостови схеми, поставени в зависимост от изследваното място в подходящи комбинации (диференциални полумостове или розетки 90°). Измерени са напреженията в 30 точки показани на фиг. 1. Част от данните от измерванията за определени точки са представени в табл. 1 и 2 за част от режимите на статично натоварване.

Тензометричните възприематели са разположени в различни точки, както следва:

№ 1, 2, 3, 4, 5 и 6 са залепени на усилващата рамка на задното звено и са показани на фиг. 1.

№ 7, 8, 9, 10, 11 и 12 са поставени на усилващата рамка на предното звено и са показани на фиг. 1.

№ 13, 14, 15, и 16 са поставени в мястото на закрепване на усилващата рамка на предното и задното звено на автобуса към напречните хоризонтални носещи греди и са показани на фиг. 1.



Фиг. 1. Разположение на тензорезисторите по рамката над челната греда на предното и задното звено на автобуса (а) и по челната греда на задното тикащо звено на автобуса (б).

№ 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 и 27 върху челната долна носеща греда, която свързва въртящият кръг и второто звено на ТС (в околността на осемте свързващи болта) и са показани на фиг. 1.

2. Използвана апаратура

Тук е описана измервателната апаратура използвана, както за статичните режими на изпитване, така и на динамичните режими, чиято методика и получените резултати от проведените изпитвания са описани във втората част на публикацията, публикувана в същия сборник.

За нуждите на двете изследвания са използвани съпротивителни възприематели за измерване на деформация (тензорезистори) и възприематели за ускорение (пиезоелектрични, тензометрични).

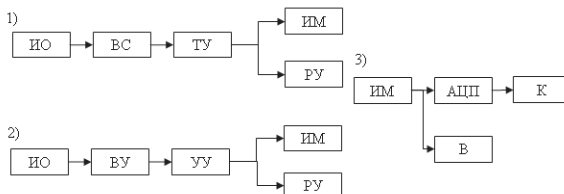
Изследването се извърши със следната измервателна апаратура.

- Измерителен тензометричен комплекс UPH-60 на фирмата HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GMBH (HBM GmbH), състоящ се от:
 - тензометричен усилвател DK-50;
 - превключващо устройство UD-50.
- Бързо пишещ регистриращ апарат Н-16 на фирмата HELLIGE.
- Вибрационна апаратура, състояща се от:
 - възприематели за ускорение BWH;
 - универсален усилвател UM131;

- активен филтър до 25 Hz;
 - регистриращ уред (четири канален *измерителен* магнетофон).
4. Компютър с АЦП (PCI – 1716, 16bit), на фирмата Advantech.

Блоковите схеми на свързване на отделните модули от използваната измервателна апаратура са показани на фиг. 2:

- 1) блокова схема за измерване на напрежения от фермата на автобуса;
- 2) блокова схема за измерване на ускорения в автобуса;
- 3) блокова схема за измерване на свързване при преобразуване на аналоговия сигнал от *измерителен* магнетофон в цифров, записан на персонален компютър.



Фиг. 2. Блокови схеми на свързване на използваната измервателна апаратура.

ИО – изследван обект (съчленен автобус задвижван от третата ос);

BC – възприемател за сила (тензорезисторен тип);

TU – тензометричен усилвател и превключващо устройство(DK-50 и UD-50);

ИМ – измерителен магнетофон;

РУ – лентов записвач;

БУ – възприематели за ускорение (BWH);

УУ – универсален усилвател (UM131);

АЦП – аналогоцифров преобразувател (PCI – 1716, 16bit, 16 единични канала);

В – осцилоскоп за визуализация на постъпващия в АЦП преобразувателя сигнал;

К – компютър за запис на преобразувания в цифров вид сигнал.

3. Натоварване на автобуса

За постигане необходимото натоварване от полезен товар (пътници) се използват чугунени тела с маса 12, 19.5 и 26.5 kg. Автобуса се натоварва с 9490 kg съгласно изискванията на стандарт БДС №11012-73 "Автомобили. Плавност на движението".

Товара е разпределен в автобуса както следва:

1. Върху седалките (46 броя) са поставени тежести 2x26.5=53kg (2438kg);
2. В краката на пътниците (при седалките) са поставени тежести 2x12=24kg (1104kg);
3. Равномерно по пода (без въртящия кръг и пространството пред третата врата) са поставени тежести с маса 5012kg;
4. В зоната на въртящия кръг и пространството пред третата врата са поставени тежести 48x19.5=936kg (отговарящи на 14 човека).

Остатъка от тежести 3240kg е запазен за извършване на корекции на натоварването с цел установяване влиянието на допълнителното натоварване (разпределението на товара) върху нивото на напреженията. За установяване на влиянието на пълното натоварване върху напреженията е необходимо получените стойности на напреженията да бъдат завишени с коефициент 1.28 (редуциран товар).

4. Статични режими на изпитване

При статичните режими се измерват статични напрежения в характерни точки от фермата на съчленен автобус. Методиката се състои в измерване на напреженията от породени от товара и/или вертикалното преместване на колело или група от колела в предварително избраните зони, на които са поставени тензометрични възприематели.

Последователността на операциите при измерването е както следва:

Избор на автобус за изследване.

Подготовка на автобуса, включваща определянето на зоните на поставяне на измерителните възприематели и тяхното монтиране.

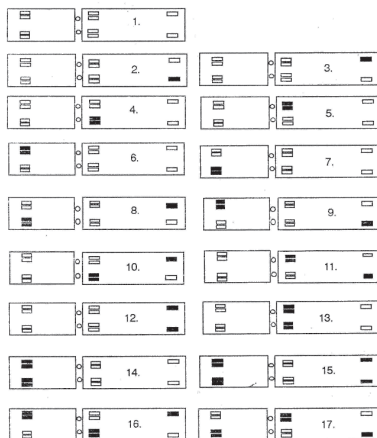
Изборният и подготвен за изследването автобус се поставя на равна недеформируема хоризонтална площадка, като теглото се поема от всичките му колела опрени върху площадката.

Автобусът се натоварва с предписания от завода производител товар (в конкретния случай 180 човека) разпределен по пода и седалките. Товара разположен по пода е равномерно разпределен, а този принадлежащ на седалките и междуседалковото пространство в отношение 70/30 %.

С помощта на електромеханичен крик се извършва повдигане на колелата на височина 0.08 м в съответствие с различните режими на натоварване показани на фиг. 3.

Измерване на напреженията в отделните зони при всеки режим на статично изпитване при максимално повдигане (0.08 м).

Представените на фиг. 3 типични схеми на статично натоварване на автобус, имитират преминаването през трамвайни релси, предпазни гърбици, бордюри, пропаднали капаци на шахти, разбити настилки и други пътни неравности, често срещани в градски условия на движение.



Фиг. 3. Схеми на натоварване - с черен цвят е показано колелото, което е повдигнато.

Режимите на изследване представени на фиг. 3 са:

1. Статично натоварване. След отчитане на възникналите напрежения в следствие на статичното натоварване на автобуса следват операциите на повдигане на мостовете, отделните колела и техните комбинации.
2. Повдигане на предно ляво колело.
3. Повдигане на предно дясно колело.
4. Повдигане на средно ляво колело.
5. Повдигане на средно дясно колело.
6. Повдигане на задно ляво колело.
7. Повдигане на задно дясно колело.
8. Повдигане на “предно ляво - задно дясно” колело.
9. Повдигане на “предно дясно - задно ляво” колело.
10. Повдигане на “предно ляво-средно дясно” колело.
11. Повдигане на “предно дясно-средно ляво” колело.

12. Повдигане на “предно ляво - предно дясно” колело (преден мост).
13. Повдигане на “средно ляво - средно дясно” колело (среден мост).
14. Повдигане на “задно ляво - задно дясно” колело (заден мост).



Фиг. 4. Разположение на характерни точки, в които се измерва напрежението на фермата на автобуса (т.20, 21 и 24).

15. Повдигане на “предно ляво, предно дясно - задно ляво, задно дясно” колело (преден и заден мост).
16. Повдигане на “предно ляво - средно дясно - задно ляво” колела.
17. Повдигане на “предно дясно - средно ляво - задно дясно” колела.

В таблица 2 са представени част от резултатите от режимите водещи до най-голямо натоварване на рамата. Дадени са само напреженията в зоните с най-големи напрежения.

5. Резултати от експерименталното изследване

Експерименталните измервания са направени при пътни експерименти със съчленен автобус, извършващ редовни пътнически превози по конкретни автобусни линии на територията на гр. София. Изследвани са напреженията в характерни точки от автобуса (фиг. 1).

Експериментални резултати от статичните режими на измерване

Напреженията в част от точките (представени в т. 4) измерени при различните режими на изпитване и перпендикулярно разположение на двата тензометрични възприемателя (σ_1 и σ_2) са представени в таблици 1 и 2.

Таблица 1.

Точка №	Напрежения [МПа]			Режим на натоварване
	σ_1	σ_2	$\sigma_{\text{екв}}$	
20.	39	19.5	39	2.
21.	24	4.3	24	
22.	10.1	8.5	10.1	
23.	46.2	19.5	46.2	
20.	43.5	20.8	43.5	4.
21.	24.7	2.6	24.7	
22.	-48.6	-23.4	48.6	
23.	38.7	-30.6	60.1	
20.	42.8	27.5	42.8	8.
21.	-28.8	8.3	28.8	
22.	43.8	-17.1	43.8	
23.	35.6	-15	45.4	
20.	40.3	21.8	40.3	17.
21.	-22.8	3	22.8	
22.	-31.2	21.7	31.2	
23.	37.7	-19.1	50	

Таблица 2.

Точка №	Напрежения [MPa]			Режим на натоварване
	σ_1	σ_2	$\sigma_{\text{екв}}$	
20.	6.0	4.00	6.00	1.
21.	6.6	3.00	6.60	
22.	-16.7	-6.50	16.70	
20.	10.2	-5.5	11.2	12.
21.	13.2	8.0	13.2	
22.	-5.8	-14.2	14.2	
20.	18.0	17.1	18.0	13.
21.	16.7	9.5	16.7	
22.	-0.7	-9.7	9.8	
20.	19.8	13.7	19.8	14.
21.	15.7	14.8	15.7	
22.	20.7	20.0	20.7	
20.	12.0	13.1	13.1	15.
21.	19.0	2.6	19.0	
22.	-4.9	-19.6	19.6	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направените измервания се вижда, че най-големи напрежения се получават при повдигане на предно ляво, средно ляво, задно дясно и техните комбинации. Това се дължи на несиметричното разположение на масовия център на конструкцията спрямо надлъжната ос на автобуса и твърдостта на шарнирната връзка във въртящия кръг по отношение на надлъжната и напречна ос на завъртане на звената едно спрямо друго. В случай, че се наложи завъртане на звената едно спрямо друго (поради неравности от пътя) то се осъществява за сметка на деформацията в рамата на автобуса. Когато тези деформации са в рамките на $1 - 2^0$, те не биха довели бързо до уморни или преки разрушителни напрежения. Когато тези деформации са ежедневни и са над допустимите за даден автобус, то неговата конструкция или достига предела на своите възможности и се наблюдават скъсвания или се уморява в един непродължителен период от време 3-5 години и отново се скъсва на местата поели тази деформация.

Измерените статични напрежения са под допустимите за използвания материал. Трябва да се има предвид, че те се отнасят за заварени конструкции, които не са обработени за премахване на остатъчните напрежения, а част от профилите са изработени от нисковъглеродни стомани.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Баженов Е.Е. Теория сочленённых транспортных и технологических систем. Екатеринбург, УрФУ, 2010.

[2] Kunchev L.P., Nedelchev K.I. Static stresses in elements from the frame of the articulated bus. MVM XIII, Kragujevac 2004.

[3] Кунчев Л.П., Неделчев К.И. Влияние на дължината на вълните на микропрофила на пътя върху напрегнатото състояние в зоната на въртящия се кръг при съчленени автобуси. МОТАУТО 04.

[4] Неделчев, К. И. Изследване на динамичните процеси при съчленен автобус, задвижван от третата ос. Дисертация за получаване на научна степен „доктор“, ТУ – София, 2007.

[5] БДС 11012:1973. Автомобили. Плавност на движението. Методи за изпитване.

[6] Евтимов Т.П, Пунов П.Б., Михайлов Ф.И. Двигатели с вътрешно горене. София, Издателство на ТУ-София, 2014.

За контакти:

Доц. д-р инж. Лило Кунчев, Катедра "Двигатели, автомобилна техника и транспорт", Технически университет - София, тел.: 965-2106, e-mail: lkunchev@tu-sofia.bg

Докладът е рецензиран.