

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

Лило Кунчев

A Method of a Testing a Pusher Articulated Bus in Steady State Motion – part II: 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.

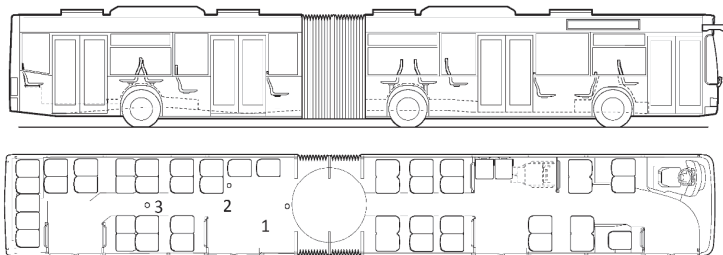
Динамични режими на изпитване

При динамичните режими се измерват напреженията при движение по характерни пътни настилки в характерни точки от фермата на съчленен автобус (фиг. 1 в публикация [1]) и ускоренията на пода на автобуса в точки показани на фиг. 1 в настоящата публикация.

Ускоренията се измерват в транспортен режим при натоварен автобус (9490 kg – полезен товар) в три характерни точки от задното звено на автобуса:

1. Точка разположена на пода в непосредствена близост до въртящия кръг (върху първата група греди, към които се закрепва въртящия кръг (фиг. 1)).
2. Точка върху втория ред седалки от лявата страна на задното звено на автобуса (първата двойна седалка от ляво (фиг. 1)).
3. Точка разположена в непосредствена близост (0.5 m) до задния задвижващ мост (фиг. 1).

Измерванията са извършени в характерни режими на движение на ТС.



Фиг. 2. Схема на разположение на трите възприемателя за вибропреместване в салона на автобуса.

Динамичният режим на изследване е проведен върху характерни пътни участъци. За определяне на *средноеквивалентния* коефициент на динамичност са изследвани напреженията в определени характерни точки от фермата на автобуса при движение по характерни пътни участъци. Напреженията в тях са получени при движение с максимално натоварване и различна експлоатационна скорост съобразена с пътният профил.

Режимите на изследване са:

1. Преминаване през препятствие с височина 0.12 ± 0.15 m. Последователно с преден, среден и заден мост с пределно ниска скорост ~ 5 km/h.
2. Преминаване през препятствие с височина 0.12 ± 0.15 m. Последователно с предно ляво, средно ляво и задно ляво колело с пределно ниска скорост ~ 5 km/h.
3. Преминаване през препятствие с височина 0.12 ± 0.15 m. Последователно с предно дясно, средно дясно и задно дясно колело с пределно ниска скорост ~ 5 km/h.

4. Потегляне.
5. Спиране.
6. Движение по асфалт със скорост $V=60$ km/h.
7. Движение по асфалт със скорост $V=30$ km/h.
8. Движение по паваж със скорост $V=30$ km/h.
9. Движение по разбит път с пределно ниска скорост $V\sim 5$ km/h;
10. Преминване през трамвайни линии с пределно ниска скорост ~ 5 km/h.
11. Преминване през предупредителна гърбица ("легнал полицаи") с пределно ниска скорост ~ 5 km/h.
12. Преминване през характерни за маршрута на автобусите неравности с пределно ниска скорост ~ 5 km/h.

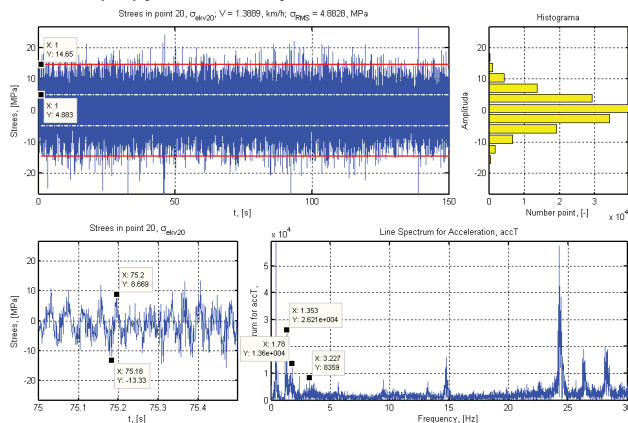
За определяне на средно еквивалентния коефициент на динамичност е съставен условен експлоатационен цикъл на базата на проведените динамични изпитвания по характерни маршрути на автобусните линии. Трябва да се има предвид, че същият отчита въздействието на пътната настилка върху динамичните процеси в каросерията на автобуса само за моментното състояние на настилката. Процентното участие на двете основни пътни настилки в изследваните маршрути се приема: асфалт 90; паваж 10%.

За определяне на средно еквивалентния коефициент на динамичност е приет условен експлоатационен пробег на автобуса 20×10^6 km при условен експлоатационен цикъл 20 (30) km. При така наложените условия за средно еквивалентния коефициент на динамичност се получава стойност $K_{\text{дин}}=1.82$. Същия трябва да бъде разглеждан като множител на напреженията отразени в таблици 1 и 2 в публикация [1].

Експериментални резултати от динамичните режими на измерване

Резултатите са получени посредством апаратурата описана в предходната публикация [1] в същия сборник. Блоквите схеми на свързване на отделните модули от използваната апаратура са показани на фиг. 2 в публикация [1].

На фиг. 2 по-долу е показано изменението на напрежението в т. 20 (фиг. 1 в публикация [1]) при движението на изпитваното транспортно средство по характерни пътни участъци от маршрута на автобусите.

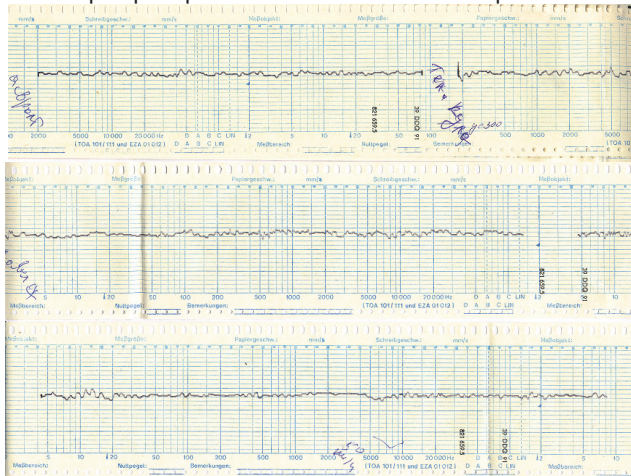


Фиг. 2. Напрежения в точка 20 разположена в челната греда на второто звено на ТС 20 (фиг. 1 от [1]) при движение по паваж със скорост $V=10$ km/h при преминаване през трамвайна линия; $S=208$ m; $t=150$ s; $a_{\text{RMS}}=4.8829$ MPa; $a_{\text{max}}=-38.3102$ MPa; $a_{\text{max,Rx}}=64.9200$ MPa; $\mu=0.0353$; $I_{\text{sk}}=-0.0263$; $I_{\text{ku}}=0.3158$; а) напрежения в точка 20 в челната греда на второто звено на ТС (фиг. 1 [1]); б) хистограма на разпределението на напрежението спрямо абсцисата; в) напрежението в точката 20 (фиг. 1 от [1]); г) Спектър на напрежението.

При цифровите записи на напрежението са представени и фигурите на хистограмата на напрежението и спектъра му за изследвания участък от маршрута на автобусните линии.

Записите от магнетофона се превръщат първо в цифров запис или се записват на хартиен носител, след което се превръщат в МРА.

На фиг. 3 е показано изменението на напрежението в т.20 (фиг. 1 [1]) записано на хартиен носител при движението на ТС по характерни пътни участъци от маршрута на автобусите, включително и записи на движение по участъци от пътя, по които се движат ТС при прибирането си и излизането от гаража.



Фиг. 2. Напрежения в точка 20 разположена в челната греда на второто звено на ТС (фиг. 1 [1]) при движение по асфалт със скорост $V=50$ km/h (бул. Пейо Яворов към Телевизионната кула); $a_{\max}=9.35$ МРА; $a_{\max,Rx}=10.5$ МРА); б) при движение по паваж със скорост $V=30$ km/h (ул. Свети Наум от площад „Семинарията” до трамвайната линия в посока хотел „Хемус”; $a_{\max}=6.3$ МРА; $a_{\max,Rx}=12,8$ МРА); в) при движение по асфалт със скорост $V=50$ km/h (ул. Свети Наум след трамвайната линия в посока хотел „Хемус”; $a_{\max}=12.6$ МРА; $a_{\max,Rx}=18.9$ МРА);

Напреженията записани на съответните носители (хартиени, магнитни, цифрови) се превръщат с помощта на зависимостите:

$$\sigma(t) = A_u \cdot E \cdot \frac{K_{\text{обх}}}{K_M} \cdot 10^{-12} = A_u(t) K_{\sigma} \quad (1)$$

$$K_{\sigma,mm} = E \cdot \frac{K_{\text{обх}}}{K_{M,mm}} \cdot 10^{-12} \quad (2)$$

$$K_{\sigma,V} = E \cdot \frac{K_{\text{обх}}}{K_{M,V}} \cdot 10^{-12} \quad (3)$$

където $\sigma(t)$ е измереното напрежение при движението на ТС в момента от време t , МРА;

$A_u(t) = A_{mm}(t)$ – текущата стойност на амплитудата отчетена от хартиения лентов записвач, mm;

$A_u(t) = A_V(t)$ – текущата стойност на амплитудата отчетена от хартиения лентов записвач, V;

$K_{\sigma} = K_{\sigma,mm}$ – коефициентът на превръщане на милиметрите измерени от лентата на пишещия регистриращ апарат Н-16 на фирмата HELIGE, МРa/mm;

$K_{\sigma} = K_{\sigma,V}$ – коефициентът на превръщане на напрежението на изхода на тензометричния усилвател DK-50 на фирмата HBM GmbH, МРa/V;

$K_{обх}$ – обхватът на тензометричния усилвател при които се извършва измерването (100, 250, 500 и 1000);

$K_M = K_{M,mm} = 20$ – максималната амплитуда на писеца на записвача при съответния обхват на усилвателя, mm;

$K_M = K_{M,V} = 2$ – максималната амплитуда на напрежението на изхода на тензометричния усилвател при съответния обхват на усилвателя, V;

$E = 2,1 \cdot 10^{11}$ – модулът на еластичност на материала, МРa;

Записите от магнетофона се превръщат първо в цифров запис или се записват на хартиен носител, след което се превръщат в МРa.

От получените резултатите, част от които са представени на фиг. 1 и фиг. 2, може да се обобщи, че при движение по усъвършенствани пътища се наблюдават сравнително ниски стойности на ускоренията и напреженията в зоната на въртящия кръг и тяхното нарастване при движение на ТС по разбити пътни настилки с ниска скорост, като стойностите им нарастват при нарастване на скоростта на ТС.

Проведените пътни изпитвания за същите точки на измерване показват коефициент на динамичност повече от три, което при статични напрежения от порядъка на 40÷50 МРa ни дава напрежения над 150 МРa при движение по пътища от нисък клас и при преминаване през неравности с голяма амплитуда (0.05÷0.1 m) и ниска скорост. В резултат на цикличното натоварване в тези точки има предпоставки за разрушаване в следствие умора на материала. Това е при условие, че автобуса преминава с ниска скорост (~5 km/h) през неравностите при нарастване на скоростта, с която преминава ТС през неравностите нарастват и напреженията във фермата на автобуса (в точките, които се измерват).

Таблица 1.

Изследвани точки	Ускорения на пода до въртящия кръг, [m/s ²]		Ускорения на седалката до въртящия кръг, [m/s ²]		Ускорения на пода в близост до задвижващия мост, [m/s ²]	
	$\sigma_{\ddot{z}}$	\ddot{z}	$\sigma_{\ddot{z}}$	\ddot{z}	$\sigma_{\ddot{z}}$	\ddot{z}
Режими						
Асфалт V=60 km/h	0.7 5	2	0.3 5	1	-	-
Паваж V=25 km/h	1.4 2	4.5	0.4	1.3	-	-
Разбит път V~5 km/h	3.5	5.5	3.2	5	1	3
Трам. релса V~5 km/h	-	3+ 4	-	2.5	-	2
Гърбица V~5 km/h	-	7	-	-	-	-

Основни изводи от проведените изследвания

1. Големината на измерените статични напрежения са в приетите граници.
2. Напреженията в измерваните от фермата на автобуса при движение по пътища от висок клас са сравнително ниски и са в приетите граници.

3. Проведените транспортни изпитвания показват силно завишаване на напреженията при движение по разбит път (напр. участъка до Семинарията преди спирката на линия 94). Тези напрежения надвишават напреженията при преминаване през трамвайната линия в същия участък. Силно завишаване на напреженията се наблюдава и при преминаване на неравности с разменна вълна на пътната настилка и ордината над 50 mm, резки преходи в наклона на пътната настилка водещи до сгъване на автобуса в надлъжната вертикална равнина над $5^{\circ} \pm 7^{\circ}$ (в зависимост от скоростта на движение), несиметрични натоварвания от рода на повдигане на отделни колела на бордюри, заледени преспи или комбинации от тях.

4. При транспортните изпитвания на автобуса по определените маршрути се наблюдават завишени стойности на напреженията в челната греда на активното задно звено в зоната на свързващите болтове, както и в областта на опората на реактивния лост на средния мост към каросерията.

5. Средноквадратичната стойност на ускорението в измерените точки е в допустимите граници при движение по асфалтови пътни покрития от висок клас.

6. Максималните стойности на ускоренията в измерените точки нарастват при движението по разбити пътища (пътища от нисък клас), което води до нарастване на натоварването в челната греда на второто звено на ТС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методиката на изследване е достатъчно обща и може да се приложи върху всички закупувани съчленени автобуси в големите градове на Република България. Чрез използване на методиката и експерименталните резултати от нея, ползвателите ще получат предварителна информация за възможностите за въвеждане на даден модел от тези автобуси в конкретните градски условия.

Резултатите от експерименталните изследвания на конкретния модел дават необходимите данни за усъвършенстване на конструкцията на модела за нуждите на град София.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Кунчев Л.П. Методика и изпитване на съчленен автобус задвижван от третата ос при установено движение – I част. Статични изпитвания. Публикувана като предходна статия в същият сборник.

[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

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.