



ГОРБАЙ О.З., канд. техн. наук, доцент, Національний університет “Львівська політехніка”;
КОГУТ В.М., викл., Львівський державний університет внутрішніх справ;
КЕРНИЦЬКИЙ І.С., докт. техн. наук., професор, SGGW

СТАТИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ СИДІНЬ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

***Анотація.** У статті досліджені проблеми проектування та безпеки пасажирських сидінь великогабаритних транспортних засобів.*

***Ключові слова:** великогабаритний транспортний засіб, автобус, пасажирське сидіння, випробування.*

***Annotation.** In the article investigational problems of planning and safety of passenger seats of transport vehicles.*

***Keywords:** transport vehicle, bus, passenger seat, test.*

Вступ. Інтеграція до Європейського Союзу для українських автобусобудівників означає безумовне забезпечення відповідності ряду Правил ЄЕК ООН. До таких можна віднести Правила № 107 [1], які стосуються забезпечення комфортних умов перевезення пасажирів в автобусах. Вимогами цих Правил передбачено також перевезення пасажирів з обмеженими фізичними можливостями. Акцентуючи увагу на безпеці пасажирських перевезень у процесі обов'язкової сертифікації автобусів першочерговими з точки зору пасивної безпеки є Правила № 66 ЄЕК ООН [2], які обумовлюють чіткі вимоги до величини запасу життєвого простору у салоні для пасажирів. Актуальними для пасажирських салонів великогабаритних пасажирських колісних транспортних засобів (КТЗ) залишаються норми внутрішньої пасивної безпеки згідно Правил ЄЕК ООН № 14 [3], № 16 [4], № 17 [5], № 25 [6], № 80 [7]. Останні є комплексними і стосуються офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських транспортних засобів стосовно їх міцності та безпечної експлуатації.

Вважаючи, що основним методом встановлення відповідності об'єкта досліджень чинним вимогам Правил ЄЕК ООН традиційно вважаються натурні випробування, процес сертифікації транспортних засобів передбачає значні фінансові витрати, оскільки зруйнований окремий тестовий екземпляр сидінь чи як складова каркаса кузова пасажирського КТЗ не підлягає подальшій експлуатації. Таким чином все більшої актуальності набирають аналітичні методи сертифікації КТЗ та їх відповідних складових, до яких відносяться пасажирські сидіння автобусів.

Науково-практична частина.
Результати випробувань пасажирських автобусних сидінь при перевірці виконання ними єдиних технічних приписів щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційного затвердження цих дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їх кріплень.

Правила № 80 ЄЕК ООН визначено, що за згодою сторін, які приймають участь у

сертифікаційних випробуваннях, останні можуть бути проведені натурним методом через фізичне руйнування досліджуваного зразка або аналітичним методом що дає реальні можливості реалізації оригінальних розрахункових методик випробувань сидінь на міцність.

У загальному Правила № 80 ЄЕК ООН застосовуються до КТЗ категорій М2 та М3 (за виключенням транспортних засобів класу І, визначення яких наведено в Правилах № 36 [8] ЄЕК ООН та класу А, визначених Правилами № 52 [9] ЄЕК ООН). Вони стосуються кожного пасажирського сидіння, призначеного для встановлення за напрямком руху та кріплення сидінь, передбачених у транспортному засобі та призначених для встановлення згідно п.1 цих Правил, або сидіння будь-якого типу, на які можуть бути встановлені ці сидіння.

Перевірка сидіння та його кріплення виконується на основі нормативно визначених умов, серед яких найважливішими є: під час випробувань не відбувається від'єднання жодної з частин сидіння, його кріплень або додаткового обладнання; після випробувань жоден елемент конструкції сидінь чи додаткового обладнання не має тріщин, відкритих зламів та гострих кутів чи ребер, що здатні призвести до тілесних травм.

Випробування на відповідність Правилам № 80 ЄЕК ООН вважаються виконаними, якщо дотримано наступні умови:

- при переміщенні вперед жодна з частин тіла та голови манекена не перетинає вертикальну поперечну площину, що знаходиться на відстані 1,6 м від точки "R" допоміжного сидіння;
- максимальне переміщення центральної точки прикладання кожної сили згідно умов Правил, заміряне в горизонтальній площині, що проходить через середню поздовжню площину сидіння у відповідному положенні, не перевищує 400 мм.

У рамках даного наукового дослідження розглянемо особливості статичного методу випробувань на відповідність Правилам № 80 ЄЕК ООН.

Опис випробувального обладнання наведено в публікації [10]: випробувальне обладнання має циліндричні поверхні радіусом 82 ± 3 мм шириною:

- рівною ширині спинки сидіння (для верхнього рівня прикладання навантаження);
- рівною 320 ± 18 мм для кожної частини тулуба манекену.

Кожну циліндричну поверхню обладнано одним давачем для заміру зусилля, яке прикладалося в горизонтальному напрямку. Експериментальне навантаження прикладається на двох рівнях за допомогою обладнання, описаного вище, до задньої частини сидіння. Напрямок прикладання навантаження лежить у середній вертикальній площині; вектор навантаження є горизонтальним, напрямленим від задньої до передньої частини сидіння. Величина навантаження складає:

$$\frac{1000}{H_1} \pm 50 \text{ [Н]}, \quad (1)$$

де H_1 – висота прикладання навантаження, рівна 0,7-0,8 м відносно базової поверхні.

Одночасно за допомогою описаного обладнання прикладається навантаження на висоті $H_2 = 0,45-0,55$ м відносно базової поверхні, яке визначається а формулою

$$\frac{2000}{H_2} \pm 100 \text{ [Н]}. \quad (2)$$

Експериментальні форми повинні знаходитися у контакті зі спинкою сидіння до прикладання зусиль (1), (2) таким чином, щоб забезпечувалось навантаження не менше 20 Н на спинку сидіння. Зусилля мають прикладатися через якомога коротші інтервали часу та одночасно притримуватися, незалежно від величини деформації сидіння, протягом не менше 0,2 с.

Процес навантаження в залежності від часу відображено на рис. 1.

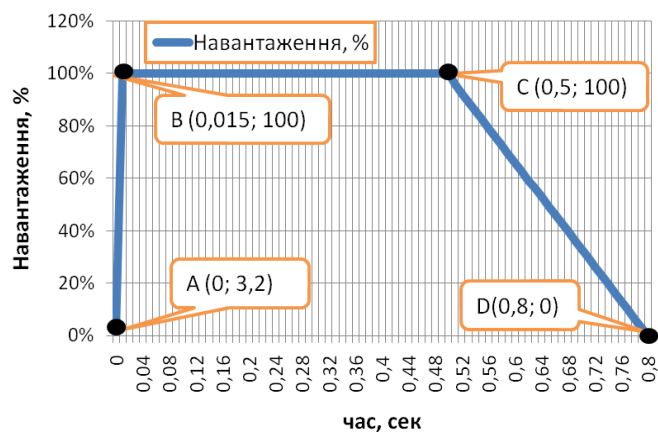


Рис. 1. Графік прикладання навантаження до моделі каркаса сидіння згідно вимог Правил № 80 ЄЕК ООН

На сьогоднішній день існує велике розмаїття форм та конструкцій каркасів пасажирських сидінь (рис. 2), що спричинено різними типами компоновки автобусів («класична», «комбі», *Low-entry*, *Low-floor* тощо) та організацією внутрішнього простору салону.

Пасивна безпека пасажирів в салоні КТЗ в значній мірі залежить від конструктивних особливостей пасажирських сидінь, перевірка міцності яких здійснюється згідно Правил № 80 ЄЕК ООН. Вимоги щодо відповідності сидіння Правилам ЄЕК ООН 80 зведені в табл. 1.

Нормативні вимоги щодо прикладання навантажень до спинки сидіння згідно вимог статичних випробувань зведено у табл. 2.

Усі випробування автобусних пасажирських сидінь (табл. 3) проводились у випробувальному центрі „Укравтотест” ВАТ „Укравтобуспрому” на атестованому і метрологічно повіреному модернізованому стенді для випробування пасажирських сидінь автобусів та елементів їх кріплення на міцність у відповідності з вимогами ДСТУ UN/ECE R80-00:2002, з максимальним

зусиллям 4900 Н та ходом поршня навантажувального пристрою 410 мм. Загальний вигляд сидіння, встановленого на випробувальному стенді, перед проведенням випробувань та кінограма процесу навантаження сидіння зображені на рис. 3.

Усі стояки основ каркасів сидінь умовно можна розділити на штамповані та виготовлені з профільної труби. Вибір їх виду має суттєве значення. Так при випробуванні м'якого двомісного сидіння UNPEG AUTO PARTS з різними стояками переміщення спинки сидіння при випробування 5208NLK-6840010/11 і 52078K-6840010(П) у контрольних точках сидіння зросло вдвічі – з 145 мм до 330 мм. Виявлено перевищення допустимих норм переміщень при статичних випробування у сидіннях, призначених для встановлення на автобусах *Lifan LF 6592 3.6*.

Перевірка виконання єдиних технічних приписів щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських КТЗ і офіційного затвердження цих КТЗ стосовно міцності сидінь та їхніх кріплень згідно ДСТУ UN/ECE R 80-00 здійснено для пасажирського автобусного сидіння, яке складається з двох м'яких частин, встановлених на спільній основі. Основу сидіння складає зварний остов із сталевих труб. До нього приварена стійка, яка жорстко фіксує основу сидіння до підлоги. Іншою стороною остов за допомогою кронштейна кріпиться до боковини. Зі сторони проходу сидіння з'єднується до рами автобуса болтовим з'єднанням. Опора виконана у вигляді П-подібного профілю. Зі сторони боковини сидіння кріпиться за допомогою привареної до каркаса боковини смуги 60×6 мм та болтового з'єднання М10.



а



б



в



г



д



е



є



ж



з

Рис. 2. Варіанти виконання сидінь з каркасом для випробувань на відповідність Правилам № 80 ЄЕК ООН: а – Lifan LF 6592 3.6; б – ЗСПР1.101.000; в – модель сидінь С04; г – Shaolinbus SLG6660CGE; д – А0921; е – А075; є – А231; ж – модель сидінь СПХ2; з – А520

Таблиця 1

Вимоги щодо відповідності сидіння Правилам № 80 СЕК ООН [8]

№	Опис вимоги
1	Конструкція сидіння повинна утримувати пасажира, що знаходиться за ним, у випадку фронтального зіткнення. Ця вимога вважається виконаною, якщо сидіння пройшло випробування за методикою 5.2.1.1 або 5.2.1.2 ДСТУ UN/ECE R80-00:2002. У випадку випробування, передбаченого в пункті 3 додатку 4 до ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 (для статичного навантаження), максимальне зміщення центральної точки прикладання кожної сили у відповідності з приписами 3.2.1 дод. 4, заміряне в горизонтальній площині, яка проходить через середню поздовжню площину сидіння, повинно бути не більше 400 мм
2	Конструкція сидіння повинна бути такою, щоб зберігались наступні вимоги стосовно енергопоглинання: максимальне зміщення центральної точки прикладання кожної сили у відповідності з приписами 3.2.1 дод. 4, заміряне в горизонтальній площині, яка проходить через середню поздовжню площину сидіння, повинно бути не менше 100 мм; максимальне зміщення центральної точки прикладання кожної сили у відповідності з приписами 3.2.2 дод. 4, заміряне в горизонтальній площині, яка проходить через середню поздовжню площину сидіння, повинно бути не менше 50 мм
3	Конструкція сидіння повинна бути достатньо міцною. Ця вимога вважається виконаною в тому випадку, коли: - під час випробувань не відбулось роз'єднання жодної з частин сидіння, кріплень сидіння або додаткового обладнання; - в процесі випробування сидіння міцно утримується на місці, навіть якщо один або декілька елементів його кріплення частково роз'єднуються, а всі фіксуючі елементи залишаються заблокованими; - після випробувань жоден елемент структури сидіння або додаткового обладнання не має тріщин, відкритих зламів, або гострих кутів або ребер, здатних причинити тілесні пошкодження
4	Усі елементи, що є частиною задньої поверхні спинки сидіння або додаткове обладнання повинні бути сконструйовані таким чином, щоб вони не могли бути причиною нанесення будь-якого тілесного пошкодження пасажиру при ударі. Ця вимога вважається виконаною, якщо будь-яка частина, котра може доторкнутись до сфери радіусом 165мм, має радіус кривизни не менше 5 мм
5	Якщо будь-яка частина цих елементів та додаткового обладнання, встановлена на жорсткому утримуючому пристрої, виготовлена з матеріалу, твердість котрого по Шору А складає 50 одиниць, то вимоги ставляться лише до жорсткого утримуючого пристрою
6	Жодні приписи 5.3 ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 не поширюються на такі елементи спинки сидіння, як пристрої для його регулювання та додаткове обладнання, якщо вони в неробочому положенні знаходяться нижче горизонтальної площини, яка проходить на рівні 400 мм над базовою поверхнею навіть у тому випадку, якщо пасажир може їх торкатись
7	Кріплення сидінь на автобусі повинні відповідати наступним вимогам – або випробування, описаного в додатку 5 до ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 (випробування кріплень сидіння при допомозі спеціально виготовленого пристрою); – або одного з випробувань, описаного в додатку 4 до ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 (в тому випадку, коли сидіння встановлене на елементі конструкції автобуса)
8	Залишкова деформація та руйнування кріплення або прилеглої ділянки підлоги допускаються, якщо передбачені зусилля діяли на протязі всього приписаного часу

Таблиця 2
 Нормативні вимоги по навантаженнях спинки сидіння

№	Параметр	Нормативне значення
1	Висота прикладання випробувального навантаження H1 над рівнем базової площини (в даному випадку рівнем підлоги), м	0,7... 0,8
2	Випробувальне навантаження P1, Н $P_1 = \frac{1000}{H_1} \pm 50$	1200... 1300
3	Висота прикладання випробувального навантаження H2 над рівнем базової площини (в даному випадку рівнем підлоги), м	0,45... 0,55
4	Випробувальне навантаження P2, Н $P_2 = \frac{2000}{H_2} \pm 100$	3500... 4000
Максимальне переміщення точки прикладання кожного зусилля, мм:		
5	– P1	100... 400
6	– P2	50... 400







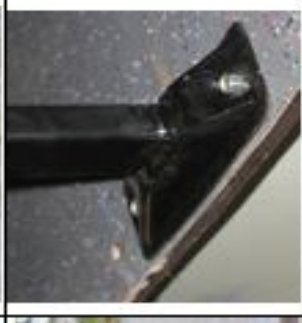







Рис. 3. Загальний вигляд сидіння, встановленого на випробувальному стенді та кінограма процесу навантаження сидіння

Таблиця 3

Результати випробувань для автобусів ЗАГ.ЛАЗ

Модель сидіння	5208NLK-6840010/11	52078K-6840010(П)	42078-6840010	52081-6840010 (Accent 220)
Тип сидіння	м'яке двомісне	м'яке двомісне	м'яке двомісне	м'яке двомісне
призначене для встановлення	ЛАЗ-5208Л	ЛАЗ-4207Т, 4207Л, 5207Л, А141Т, А141Л, ЛАЗ-695	ЛАЗ-4207, ЛАЗ-5207	ЛАЗ-5208
Завод-виготовлювач	JUNPEG AUTOPARTS CO, LTD (Китай)	JUNPEG AUTOPARTS CO, LTD (Китай)	ЗАТ "Львівський автомобільний завод"	Vogelsitze Hungaria Kft) (Угорщина)
-ніжки	ЗАГ.ЛАЗ	ЗАГ.ЛАЗ	ЗАГ.ЛАЗ	Vogelsitze Hungaria Kft)
-кронштейна	ЗАГ.ЛАЗ	ЗАГ.ЛАЗ	ЗАГ.ЛАЗ	Vogelsitze Hungaria Kft)
Габаритні розміри сидіння -довжина	1015	690	640	700
-ширина	940	1005	975	960
-висота	1180	1150	1100	1110
Маса складових частин сидіння, кг	26,5	26,1	29,4	40
Технічний опис сидіння	сидіння двомісне F21, ніжки 5208NLK-6841076 та кронштейна 5208NLK-6841117	сидіння двомісне F4- ніжки 5207K-6841081 та кронштейна 5207K-6841117	м'яка частина сидіння складається з подушки та спинки,	готовий виріб згідно з габаритним кресленням
кріплення сидіння до до підлоги	2 комплекти деталей: болт М10-6г*30 шайба 10 шайба 100Т	2 комплекти деталей: болт М10-6г*30 шайба 10 шайба 100Т	2 комплекти деталей: болт М10-6г гайка М10-6Н шайба 10Л	2 комплекти деталей: болт М10-6г гайка М10-6Н шайба 100Т
кріплення до боковини	2 комплекти деталей: скоба Ø10 мм., гайка М10-6Н, шайба 100Т	2 комплекти деталей: скоба Ø10 мм., гайка М10-6Н, шайба 100Т	2 комплекти деталей: скоба Ø10 мм гайка М10-6Н шайба 10Л	2 комплекта деталей: гачкородіона скоба, гайка М10-6Н шайба 10Л
Максимальне переміщення точки прикладання кожного зусилля, мм:	P1 140 P2 120	145 115	157 110	125 92
Протокол випробувань	277/05	263/05	ПД45/05	ПД 67/04

<p>Загальний вид сидінь</p>				
<p>Вид кріплень до підлоги</p>				
<p>Кріплення основи до бюксів</p>				

*Конструктивно сидіння складається з двох м'яких частин сидіння, встановлених на спільній основі; основу сидіння складає зварний остов із сталевих труб $\varnothing 25$ мм, до якого приварюється ніжка з труби прямокутного сечення 60×30 мм, яка закінчується приварною (приварювання здійснюється як ззовні, так і зсередини) штампованою лапкою; для кріплення до **бюксів** до основи приварюється кронштейн кріплення; для встановлення спинки сидіння та елементів регулювання положення спинки до основи приварюються дві штамповані **бюксів** з елементами кріплення механізму регулювання та віссю обертання спинки; спинка пасажирського сидіння складається з каркасу, звареного зі сталевих труб $\varnothing 25$ мм, до якого приварюється штампована металева панель; в каркас спинки вварені втулки для **підлокотків** спинки та важіль, з допомогою якого вона з'єднується з механізмом регулювання; основою подушки сидіння є дерев'яна рамка з вмонтованими пружинними елементами; м'яка частина сидіння складається з подушки та спинки, виготовлених з пінополіуретану та приклеєних до відповідних основ; спинка і подушка обтягуються матеріалом

Результати випробувань пасажирських автобусних сидінь заводу-виготловача ВЕЕМ-Металавтопром

Модель сидіння	СП-1-11 „Дністер” А092-6847001	ЗСПР.101.000	ТУР-1	ТУР-2 А0921-6847521ТУР-2
Тип сидіння	з двох м'яких частин сидіння	з двох м'яких частин сидіння	напівм'яке двомісне, А0921	напівм'яке двомісне
призначене для встановлення	А092			
Завод-виготловач	„ВЕЕМ-Металавтопром”	„ВЕЕМ-Металавтопром”	„ВЕЕМ-Металавтопром”	„ВЕЕМ-Металавтопром”
-сидіння двомісного	ВАГ „Черкаський автобус”	„ВЕЕМ-Металавтопром”	ВАГ „Черкаський автобус”	ВАГ „Черкаський автобус”
-ніжки, кронштейна				
Габаритні розміри сидіння - довжина	540	530	580	620
- ширина	905	910	940	975
- висота	1020	1030	1040	1160
Маса складових частин сидіння, кг	20,1	20,3	23	29,2
Технічний опис сидіння	з двох м'яких частин сидіння, встановлених на спідній основі	з двох м'яких частин сидіння, встановлених на спідній основі	з двох м'яких частин сидіння, встановлених на спідній основі	з двох м'яких частин сидіння, встановлених на спідній основі
кріплення сидіння до підлоги	2 комплекти деталей: болт М10•45; гайка М10; шайба 10	2 комплекти деталей: болт М10•45; гайка М10; шайба 10	2 комплекти деталей: болт М10•45; гайка М10; шайба 10	2 комплекти деталей: болт М10•45; гайка М10; шайба 10
кріплення до боків	2 комплекти деталей: гайка М10; шайба 10; шайба пружинна 10П	2 комплекти деталей: гайка М10; шайба 10; шайба пружинна 10П	2 комплекти деталей: гайка М10; шайба 10; шайба пружинна 10П	2 комплекти деталей: гайка М10; шайба 10; шайба пружинна 10П
Максимальне переміщення точки прикладання кожно-го зусилля, мм:	P1 135 P2 75	95 110 63 75	185 220 145 172	210 223 150 165
Протокол випробувань	280 / 05	357 / 04	283 / 05	295 / 05

<p>Загальний вид сидінь</p>				
<p>Вид кріплення основи до підлоги</p>				
<p>Кріплення основи до бортовини</p>				

*сидіння напів'яке двоосісне, призначене для установки на автобуси А092 та його модифікаціях; складається з 2-х сидінь моделі СП-1-11 "Діасем" та спільної для них основи А092-6847001 БЕЕМ конструктивно сидіння складається з двох м'яких частин сидінь встановлених на спільній основі; порівняно з сидінням, що проходять випробування раніше (див. протокол випробувань № ІДЦ 272 / 05), виробником підсилено каркас м'якої частини сидінь (випробування показали, що замість сталевий труби Ø25*1,5 мм використано трубу Ø25*2,0 мм; інформація про марку сталі до та після внасення змін відсутня); основу сидіння складає зварний остов із сталевих труб 25*28 мм, до якого приварюються стійка, виготовлена з листової сталі товщиною 3 мм, для кріплення сидіння до підлоги та кронштейн для кріплення сидіння до бортовини

Результати випробувань пасажирських сидінь для автобусів з Китаю та А0921

Модель сидіння	A520 A092-6847521		СТН-1
Тип сидіння	від'єм'яке двомісне		від'єм'яке двомісне
призначення для встановлення	від'єм'яке одномісне		D093S2
Завод-виготовлювач:	A0921		„ВЕЕМ-Моторолери”
- сидіння двомісного	Shanghai SLG6660SGE		„АУТОМЕТ”, Польща
- ніжки	Shanghai Libo Industry (Group) IMP&EXP.CO.LTD		ВАТ „Черкаський автобус”
- кронштейн	Shanghai Libo Industry (Group) IMP&EXP.CO.LTD		
Габаритні розміри сидіння - довжина	640	600	630
- ширина	840	440	910
- висота	1070	1010	1145
Маса складових частин сидіння, кг	15,5	10,25	27,3
Технічний опис сидіння	двох'яких частин сидінь, встановлених на спільній основі		конструктивно сидіння складається з двох сидінь, встановлених на спільному каркасі
кріплення сидіння до ра підлоги	2 комплекти деталей: болт М8*45; шайба 8; шайба сторона 8Л		4 комплекти деталей: болт М10-6g x 45.88.016 гайка М10-6H.016 шайба 10 65Г шайба 10.01.016
кріплення до боковини	2 комплекти деталей: болт стандартний М8 гайка М8; шайба 8; шайба сторона 8Л		2 комплекти деталей: болт М10-45; гайка М10; шайба 10; шайба сторона 10Л
Максимальне переміщення точки прикладання кожного зусилля, мм:	P1 405	185	160
	P2 305	105	90
Протокол випробувань	225 / 05		54/04
	317 / 05		09 / 11

<p>Загальний вид сидіння</p>				
<p>Вимірювальний шаблон і стійка основи</p>				
<p>Кріплення основи до бортовани</p>				

*конструктивно сидіння складається з двох м'яких частин сидіння, встановлених на спільній основі; основу сидіння складає зварний остов 5 із сталевих труб Ø25 мм, до якого приварюється ніжка з труби прямокутного сечення 60*30 мм, яка закінчується приварною (приварювання здійснюється як ззовні, так і всередині) штампованою ланкою; для кріплення до бортовани до остова приварюється кронштейн кріплення; для встановлення спинки сидіння та елементів регулювання положення спинки до остова приварюються дві штамповані бортовани з елементами кріплення механізми регулювання та віско обертаєні спинки; спинка пасажирського сидіння складається з каркасу, звареного зі сталевих труб Ø25 мм, до якого приварюється штампована металева панель; в каркас спинки вварені втулки для підтримки спинки та вахіль, з допомогою якого вона з'єднується з механізмом регулювання; основою подушки сидіння є дерев'яна рама з вмонтованими пружинними елементами, м'яка частина сидіння складається з подушки та спинки, виготовлених з пінополіуретану та приклеєних до відповідних основ; спинка і подушка обтагуються матеріалом

Для встановлення відповідності розрахункової методики результатам натурних випробувань розглянемо особливості поведінки стрижневої моделі каркаса пасажирського сидіння. Доцільність розрахунку саме такої моделі обґрунтовується тим, що конструктивно каркас сидіння виконаний з профілів, у яких більш ніж 5-кратна різниця у розмірах перерізу і довжини. У таких випадках раціональним є стрижневе представлення об'єкта досліджень [11]. Для стрижневих елементів приймаються дві гіпотези: збереження розмірів після деформації за рахунок ненависання шарів один на одного; відсутність зсувів шарів у площинах в результаті чого переріз стрижневого елемента залишається п'єсиком після деформації. Торці елемента є вузлами, кожний з яких має шість ступенів вільності: три кутові і три лінійні (рис. 4).

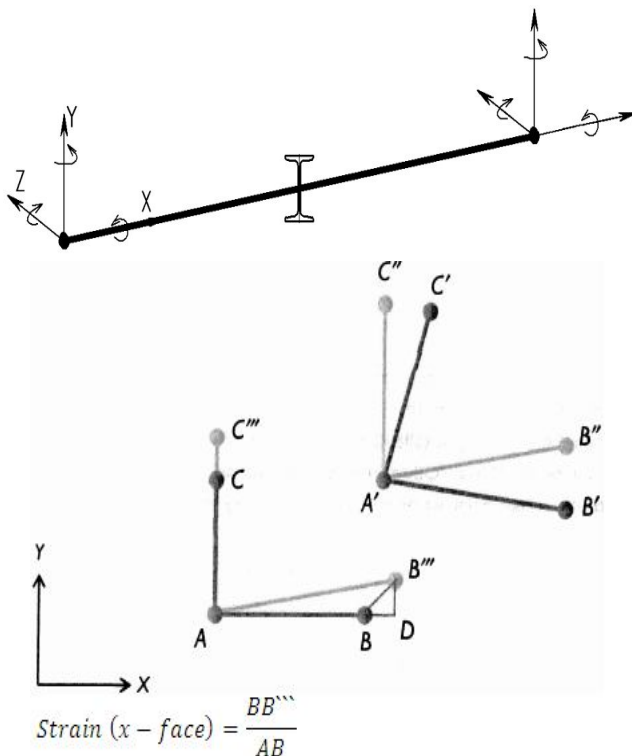


Рис. 4. Модель стрижня та схема визначення деформацій

Розглянемо ділянку А в складі *solid*-тіла: координата А лежить на осі X; координат та В – на осі Y. Після деформації тіла ділянка ABC займає координати A`B`C` , подовжуючись і обертаючись при цьому. Для оцінки деформації обернемо A`B`C` в положення A``B``C`` таким чином, щоб A`C``

стало паралельним до AC. Далі наведемо A`B``C`` в положення, при якому А співпаде з A` і отримаємо остаточне положення AB``C``.

Порівняємо ABC з отриманим AB``C``: вектор BB`` відображає переміщення В у площині, яка рухається вздовж осі X, тому можемо визначити деформацію так: вектор BB`` розділити на початкову довжину АВ. Деформація може бути представлена у вигляді проєкцій на осі X, Y. Проєкція на вісь X називається нормальною деформацією, оскільки вона перпендикулярна до площини X; проєкція на Y – дотичною деформацією (напруження зсуву), оскільки вона паралельна до площини X і збігається з напрямком осі Y:

$$\epsilon_x = \frac{BD}{AB}, \gamma_{xy} = \frac{DB'''}{AB} \quad (3)$$

Фізичний зміст наступний: нормальна деформація визначає відсоток розтягування уздовж осі X; дотична деформація визначає кут обертання (в радіанах) у площині XY. За аналогією з висновком формули для напруження запишемо результуючу деформацію у вигляді [11]:

$$\{\epsilon\} = \{\epsilon_x \ \epsilon_y \ \epsilon_z \ \gamma_{xy} \ \gamma_{yz} \ \gamma_{zx}\} \quad (4)$$

Лінійне відношення напруження-деформацій часто може бути допустимим у реальних умовах (закон Гука) і застосовним в розрахунках:

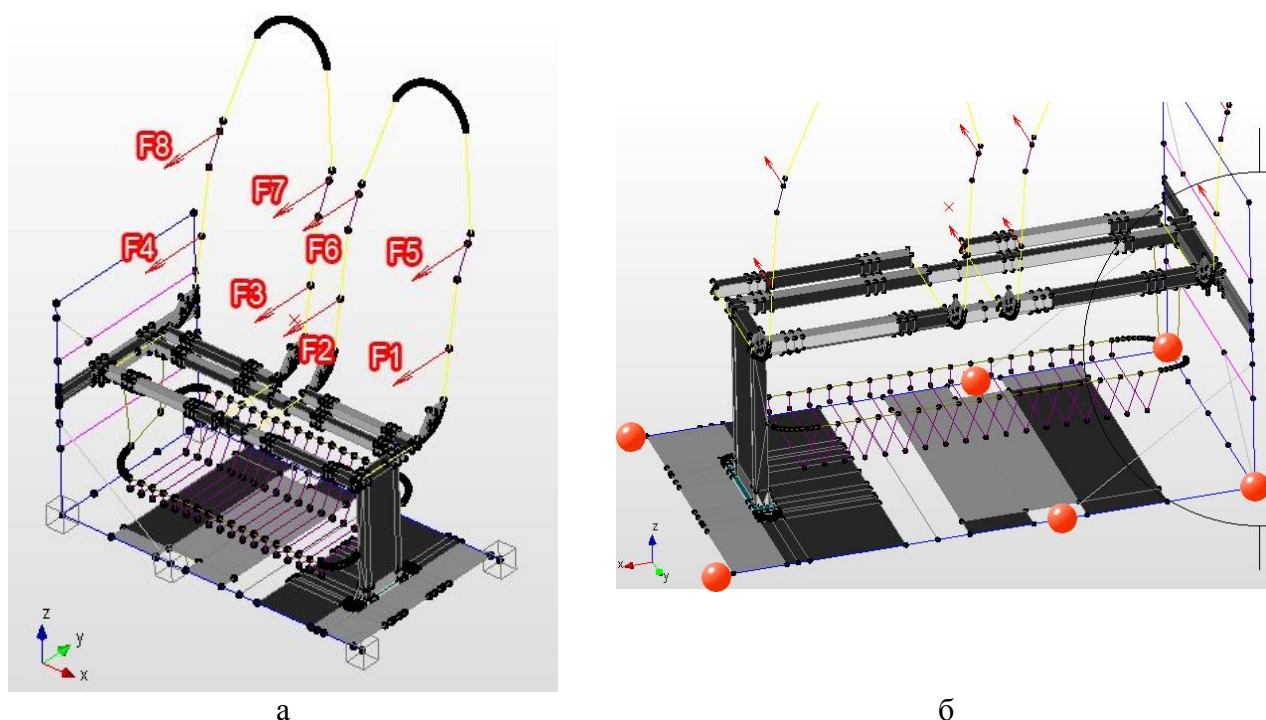
$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_z}{E}$$

$$\epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_z}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E}$$

$$\epsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}, \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}, \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G} \quad (5)$$

Стрижнева модель має 936 вузлів; 6 опор; 8 вузлових навантажень; 390 стрижнів з дев'яти видів сортаменту, 637 пластин з яких 3-х вузловими є 240 і 397 є 4-х вузловими і 112 об'ємних елементів (рис. 5).



а

б

Рис. 5. Стрижнева розрахункова модель каркаса сидінь разом з фермою кріплення: а – стрижнєве представлення; б – об’ємне моделювання з прикладанням в’язей

Таблиця 4

Характеристики матеріалу каркаса сидінь виготовлення – Сталь 20

Модуль Юнга, Н/мм ²	Коефіцієнт Пуассона	Густина, кг/мм ³	Межа текучості, Н/мм ²	Межа міцності, Н/мм ²
210000	0,30	7.8e-006	245	410

Розрахункова модель розроблена у повній відповідності до Протоколу ПД 09/11 [12]. В’язі прикладені до 6 вузлів у точках опор просторової ферми кріплення каркаса сидінь до підлоги (рис. 6, б). Використано тип в’язей з жорстким защемленням і блокуванням переміщень та обертання відносно осей X, Y, Z.

Матеріал виготовлення розрахункової моделі каркаса сидіння – Сталь 20. Характеристики, закладені у програмне середовище методу кінцевих елементів, наведені у табл. 4.

Максимальне значення напружень у конструкції складало 2266 МПа та зафіксовано у кронштейні кріплення ферми ніжки сидінь до боковини автобуса чи в данному випадку до імітуючого боковину стенда, що співпадає з показами краш-тесту. Порівнянням розрахунку з натурними випробуваннями підтверджено адекватність результатів в обох

випадках. При цьому натурна модель отримала пластичні деформації у вигляді згину кронштейну кріплення каркаса сидінь до ферми ніжки, та розрахункова модель продемонструвала високі (понад 1200 МПа) значення напружень у даній області. Таким чином суттєво перевищено межу текучості матеріалу Сталь 20 та зафіксовано виникнення пластичних деформацій в елементах основи. Максимальні напруження труб 25×1,5 мм каркаса спинки сидіння коливаються в межах 70-850 МПа та припадають на область приварних косинок, що виконують роль ребер жорсткості між вертикальною та горизонтальною частинами сидіння.

Рівень напружень у профілях горизонтальної частини основи знаходиться в діапазоні 700-1360 МПа. Відносно високих навантажень з максимальним напруженням у 562 МПа зазнала бокова опора для кріплення

сидіння (сталеві смуга 60×6 мм, яка кріпиться різьбовим з'єднанням до зварених у смугу двома шпильками М10). Максимальні напруження у кронштейнах кріплення каркасів сидінь до ферми ніжки склали понад 1100 МПа для правого сидіння та 567 МПа у крайньому кронштейні лівого за ходом руху автобуса сидіння. Виникнення істотно вищих за межу текучості напружень, пояснюється застосуванням на першому етапі статичного розрахунку без урахування фізичної нелінійності матеріалу.

Висновки. На попередньому етапі статичного розрахунку при підтвердженні відповідності єдиним технічним приписам щодо офіційного затвердження двомісного

пасажирського сидіння моделі СТН-1 на спільній основі А0921-6847521-01ШС і офіційного затвердження автобуса D093S2 стосовно міцності сидінь та їх кріплень застосовано метод нелінійного розрахунку. Він дозволив у рамках випробувань на відповідність Правилам № 80 ЄЕК ООН забезпечити достатню точність інженерних розрахунків. Для даного імітаційного 3-D методу комп'ютерного моделювання згідно цих Правил для статичного типу випробувань пасажирських сидінь величина похибки між експериментальними і розрахунковими даними не перевищила 7,8 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ UN/ECE R 107-01 2008. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів категорій М2 та М3 стосовно їхньої загальної конструкції.

2. ДСТУ UN/ECE R 66-00:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів стосовно міцності верхньої частини їхньої конструкції.

3. ДСТУ UN/ECE R14-03-2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження ДТЗ стосовно пристроїв для кріплення ременів безпеки.

4. ДСТУ UN/ECE R16-04-2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження ременів безпеки та утримувальних систем для водіїв і пасажирів ДТЗ.

5. ДСТУ UN/ECE R 17-04:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно петель та дверних замків.

6. ДСТУ UN/ECE R 25-03:1990. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження підголовників, вмонтованих або не вмонтованих у сидіння ДТЗ.

7. ДСТУ UN/ECE R 80-00:2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного

затвердження сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційного затвердження цих дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їхніх кріплень.

8. ДСТУ UN/ECE R 36-03:2005. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пасажирських колісних транспортних засобів великої місткості стосовно загальної конструкції.

9. ДСТУ UN/ECE R 52-01:2005. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження маломісних колісних транспортних засобів категорій М2 та М3 стосовно їхньої загальної конструкції.

10. Когут В.М. Моделювання статичних випробувань пасажирських сидінь автобусів на відповідність Правилам ЄЕК ООН №80 / В. Когут // Systemy i środki transportu samochodowego. Seria: Transport / - Rzeszów: Druk. Polska, Rzeszów, 2013. Monografia Nr 4. – P. 55 - 74.

11. Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечных элементов в среде АРМ Structure3D / А.А. Замрий : учебное пособие. - М.: АПМ, 2010. – 376 с.

12. Протокол випробувань № ПД 09/11 з оцінювання відповідності вимогам ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 пасажирських сидінь, встановлених на автобусі моделі D093S2.

Summary

The UN/ECE R80 rules are complex and concerning the approval of seats of large passenger vehicles and of these vehicles with regard to the strength of the seats and their anchorages. Traditionally are consider other rules UN/ECE R14, UN/ECE R16, UN/ECE R17, UN/ECE R25, UN/ECE R66 to actual norms of passive safety of carrying passengers. The main method to establish whether the object of research is applicable to requirements UN/ECE rules considere traditionally full-scale tests. Moreover popularity became analytical methods of certification of separate individual passenger seats or the certification of large passenger vehicles in general. Precision of calculations instead of bench tests for compliance with Regulation number 80 UN/ECE achieved by computer simulation with the application of non-linear method of calculation.

The dimensional solid model of a passenger double seat for large wheeled vehicles was developed.

It allows to determine the integrity of their designs, the residual deformation of passenger seats after an accident, the level of stress at delayed-control points in the frame, an overall assessment of the stress-strain state of the passenger seat, base and their fasteners. Based on the analysis of computer models of seat frame revealed the characteristic features of the behavior of elements of base fixed down to the floor and to the body side of the bus. The dependence of the stress and strain at the control points (at a height of 0,55 m and 0,8 m relative to the reference surface) on the shape of the seat base stand, frame tubes range and type of foundations and their mounts. It is set the dependence stresses and strains in the control points (at a height of 0,55 m and 0,8 m of the base surface) on the shape of the rack of bases, tube frame assortments and type of base and their anchorages.

Experimental researches of passenger seats, their anchorages and bases for compliance with Regulation № 80 UNECE confirmed the adequacy of computer simulation of residual strains of passenger seat at approval their strength under uniform technical prescriptions.