

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВМ'ЯКИХ ДВОМІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСНИХ СІДІНЬ НА ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГАМ ДСТУ UN/ECE R80-00:2002

Когут В. М.  
Горбай О. З., кандидат технічних наук  
Керницький І. С.  
Сава Р. В.

**Постановка проблеми.** Визначення надійності сидінь та їх кріплень у кузові автобуса надалі становить складну технічну задачу. В основному це пов'язано з двома причинами: 1) жорсткими вимогами до безпеки перевезень пасажирів; 2) впровадженням у практику автобусобудування принципово нових конструктивних типів кузовів. У першому випадку безпека конструкції пов'язана із збільшенням її матеріаломісткості, що викликає підвищення вартості і зниження показників економічності конструкції, що призводить до зменшення показників запасу міцності. У другому випадку відсутність конструктивно аналогічних прототипів кузовів не дозволяє в процесі проектування використати багаторічний досвід експлуатації для нових типів кузовів, а застарілі розрахункові методики не дають можливості враховувати особливості їх експлуатації в реальних умовах. Економічно доцільне і раціональне формування послідовних етапів проектувальних робіт конструкторських бюро з використанням таких сучасних програмних пакетів як *LS-DYNA* [1] чи *ARM Winmascine* [2] дозволяє уникнути помилок у розрахунках і недоліків конструкції з точки зору її міцності та провести оптимізацію конструктивних, технологічних і експлуатаційних параметрів.

**Аналіз відомих досліджень.** Питанням, пов'язаним з моделюванням впливу перевантажень пасажира на сидінні автобуса під час дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) та міцності сидінь у салоні автобуса у сучасному машинобудуванні приділяється значна увага [3-5]. Такі процеси моделюються на новітніх розрахункових комплексах, більшість з яких побудовані на використанні методів кінцевих елементів (МКЕ), що дозволило перейти на якісно вищий рівень дослідження оцінки міцності пасажирського сидіння та сидіння водія автобуса. Практичне застосування методу МКЕ для розрахунку складних технічних конструкцій, до яких безумовно відноситься кузов та внутрішнє обладнання автобуса, пов'язано з трудомісткістю дискредитації крупних вузлів на тисячі кінцевих елементів.

**Постановка задачі.** Метою даної статті є опрацювання раціонального варіанту комп'ютерного моделювання, що дозволяє здійснювати адекватну перевірку міцності автобусних сидінь та відповідності їх конструкції до вимог єдиних технічних приписів щодо офіційної сертифікації сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційної сертифікації дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їх кріплень [6].

**Основний матеріал.** ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 застосовується до автобусів, призначених для перевезення 16 і більше пасажирів (не враховуючи водія і екіпажу), які розміщені на горизонтально встановлених пасажирських сидіннях з орієнтацією за напрямком руху автотранспортного засобу (АТЗ) безпосередньо перед іншими орієнтованими вперед сидіннями. Базова висота пасажирського сидіння повинна становити не менше 1 м, і воно не повинно розміщуватися нижче ніж 6 см від базової площини, яка проходить через точки контакту п'ят манекена, що використовується для визначення точки *H* і фактичного кута нахилу тулуба на місцях для сидіння [6].

Конструктивно розрізняють окреме, подвійне сидіння та ряд сидінь. Окреме сидіння сконструйоване і виготовлене таким чином, що на ньому може сидіти лише один пасажир; на

подвійному сидінні можуть сидіти лише поряд один з одним два пасажири. Два розташованих поряд, але роз'єднаних сидіння розглядаються як два окремі сидіння. Розташовані поряд одне з одним декілька окремих або подвійних сидінь не розглядаються як ряд сидінь, а лише сконструйоване і виготовлене таким чином, що на ньому можуть сидіти поряд один з одним три або більше пасажирів розглядається як ряд сидінь.

Для зручності пасажира окремі сидіння мають пристрій чи систему регулювання, що дозволяє регулювати розташування сидіння в цілому та його окремих частин. З метою полегшення посадки пасажирів може передбачатися система переміщення, що дозволяє проводити кутове, бічне або поздовжнє переміщення

сидіння чи однієї з його складових частин без проміжного фіксованого положення сидіння. Утримання сидіння і його складових частин у транспортному положенні забезпечує система блокування.

Для офіційної сертифікації сидіння заводом-виготовлювачем надається детальний опис і креслення сидіння, його кріплень, систем регулювання, переміщення та блокування. Для офіційної сертифікації транспортного засобу виробником надається детальний опис конструкції та креслення окремих частин транспортного засобу, використовуваних для кріплення інших вузлів. Мета випробування полягає в тому, щоб дослідити рівень травмонебезпечності конструкції сидінь і можливість затримання під час ДТП пасажирів розташованими перед ними сидіннями. Незначними травмами згідно біомеханічних критеріїв допустимого травмування вважаються такі, коли критерії допустимого травмування становлять:

- голови (КДТГ) менше 500 ;
- грудної клітки (КДТГК) менше 30 g 1/, за винятком випадків, коли інтервали часу дії сили становлять у сумі менше 3 мс;
- стегна (КДТБ) менше 10 кН, а для інтервалів часу, протягом 20 мс ця величина не повинна перевищувати 8 кН.

Під час сертифікаційних випробувань АТЗ на пасивну безпеку прийнято, що якщо голова манекена не торкнулася інтер'єру, то випробування пройдено. Якщо відбувся контакт з будь-якою поверхнею, то обчислюється КДТГ під час удару за формулою

$$HPC = (t_2 - t_1) \cdot \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \cdot dt \right]^{2.5},$$

де  $t_1, t_2$  – час від початку до закінчення контакту голови з перешкодою, с;  $a$  – навантаження в долях  $g$ ;  $dt$  – крок інтегрування не більше  $1,25 \times 10^{-4}$  с. Виникає певна неузгодженість у опустимих величинах даного критерію. Так, наприклад, згідно даних [7] критерій КДТГ не повинен перевищити значення 1000 і обчислюється для кожного з декількох ударів.

Сертифікаційні випробування АТЗ вважаються успішними, якщо виконані настопи вимоги щодо умовного «травмування» голови манекена: пришвидшення центру мас голови манекена не перевищило 80g протягом 3 мс, а в разі удару головою об будь-яку перешкоду, критерій КДТГ не перевищив значення 1000. Вважається також, що значення за даним критерієм до 1250 – безпечні, від 1250 до 1500 – спричинюють травми середньої важкості і понад 1500 – викликають смертельні травми. За даними зарубіжних випробувань у кращих автомобілів цей показник знаходиться у межах 300-600, у звичайних автомобілів – 600-1000. Однак, не можна однозначно твердити, що автомобіль з меншим значенням КДТГ безпечніший під час фронтального зіткнення ніж автомобіль, у якого значення КДТГ більше. І це не лише тому, що під час аварії відіграють важливу роль інші чинники, наприклад, удар по потилиці у процесі відскоку або пошкодження шийних хребців під час різких обертальних рухів голови після ударів у деталь інтер'єру. Справа в тому, що КДТГ, як і крива Уейн-Стейта, носить статистичний характер і відображає лише ймовірну оцінку можливої травми голови. Отже, критерій КДТГ потрібно розглядати у поєднанні з іншими критеріями травмування. Критерій КДТГК чи **THCC (Thorax Compression criterion)** визначається на основі абсолютного значення деформації грудної клітки між грудиною і хребтом, вимірюється в мм при цьому стискуванні грудної клітки не повинно перевищувати 50 мм.

Окрім КДТБ чи *FFC (Femur Force Criterion)*, який визначається на основі стискуючого навантаження, що передається по осі до кожного стегна манекена, доцільно досліджувати критерій травмування шії та показник травмування м'яких тканин. Критерій травмування шії *NIC (Neck Injury Criteria)* визначається, якщо людину посадити в анатомічне крісло, міцно закріпити разом з головою широкими жорсткими ремнями і забезпечити рух із сповільненням, що не перевищить 40g. Оскільки в реальних умовах жодна людина фізично не зможе сидіти в такому кріслі більше декількох хвилин, то переміщення корпусу тіла людини обмежують, але не фіксують ремені безпеки різного типу. Тому під час лобового зіткнення корпус людини під дією інерційних навантажень нахиляється вперед, а ремені витягуються. При цьому шия піддається дії розтягуючого зусилля, яке визначається добутком маси голови на її пришвидшення. Якщо сила розтягування шії перевищить певну величину, що змінюється залежно від тривалості дії навантаження, то травма шії неминуча [8]. Під час удару головою об перешкоду контролюється сила, що спричинює переміщення голови відносно першого шийного хребця шії в напрямі спереду назад. Ця сила не повинна перевищувати відповідну граничну величину, а згинний момент на шийних хребцях не повинен перевищувати 57 Нм.

Критерій травмування м'яких тканин *VC (Viscous Criterion)* розраховується як добуток миттєвого значення деформації грудної клітки і миттєвої швидкості її деформації

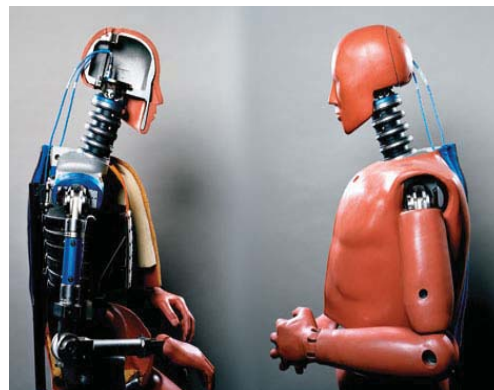
$$VC = \max \left[ \frac{D}{0,229} \cdot \frac{dD}{dt} \right],$$

де  $D$  – зміщення грудної клітки, м; 0,229 м – стандартна по осі  $x$  ширина грудної клітки.

Величина критерію  $VC$  м'яких тканин для грудної клітки не повинна перевищувати 1,0 м/с і досліджується за допомогою пристроїв, показаних на рис. 1.



а)



б)

Рисунок 1. – Пристрої для визначення показників травмування: а – голови [9]; б – грудної клітки і шії [10]

Багатьом травмам можна запобігти або пом'якшити їх наслідки, якщо ефективно позиціонувати підголівники. Підголівник повинен бути не тільки адекватної висоти, але й повинен знаходитись досить близько до потилиці водія або пасажера. Пристрій для оцінки ефективності підголівників (*HRMD*) розроблений, щоб отримати величини сповільнень голови. *HRMD* визначається на висоті точки  $H$  і перераховується на рівні голови. Два давачі використовуються для вимірювання висоти підголівника у верхній частині голови; у протилежному випадку їхні показники екстраполюються, щоб визначити відстань до від точки  $H$  до точки стисненого місця на подушці. Ще один давач використовується для вимірювання кількості ударів головою об підголівник.

Необхідну інформацію, яка задовольняє вимоги стандарту ЄС, можна отримувати з цифрового динамометра (*Digitale Force Gauge*). Ним вимірюється сила і величина удару від

0,01 Н на манекені з двох боків; при цьому динамометр має вбудований захист від перевантаження. Всі дані відображаються на великому дисплеї з можливістю вибору одиниць вимірювання як для сили так і для навантажень. Працюючи на частоті 1 кГц висота піків може бути точно записана до початку дії удару або розриву, а у процесі вимірювання відображаються фактичні параметри.

У процесі досліджень утримання пасажира розташованими перед ними сидіннями необхідно задати контрольні параметри, які означають одну або декілька характеристик місця для сидіння, а саме:

- положення точок  $H$  і  $R$  та їх взаємне розташування;
- фактичний і конструктивний кути нахилу тулуба людини.

Для дослідження контрольних параметрів використовують об'ємний 3-D механізм визначення точки  $H$  (*three-dimensional «H» point machine*), позначення елементів якого наведено на рис. 2 а, а їх розміри – на рис. 2 б [11].

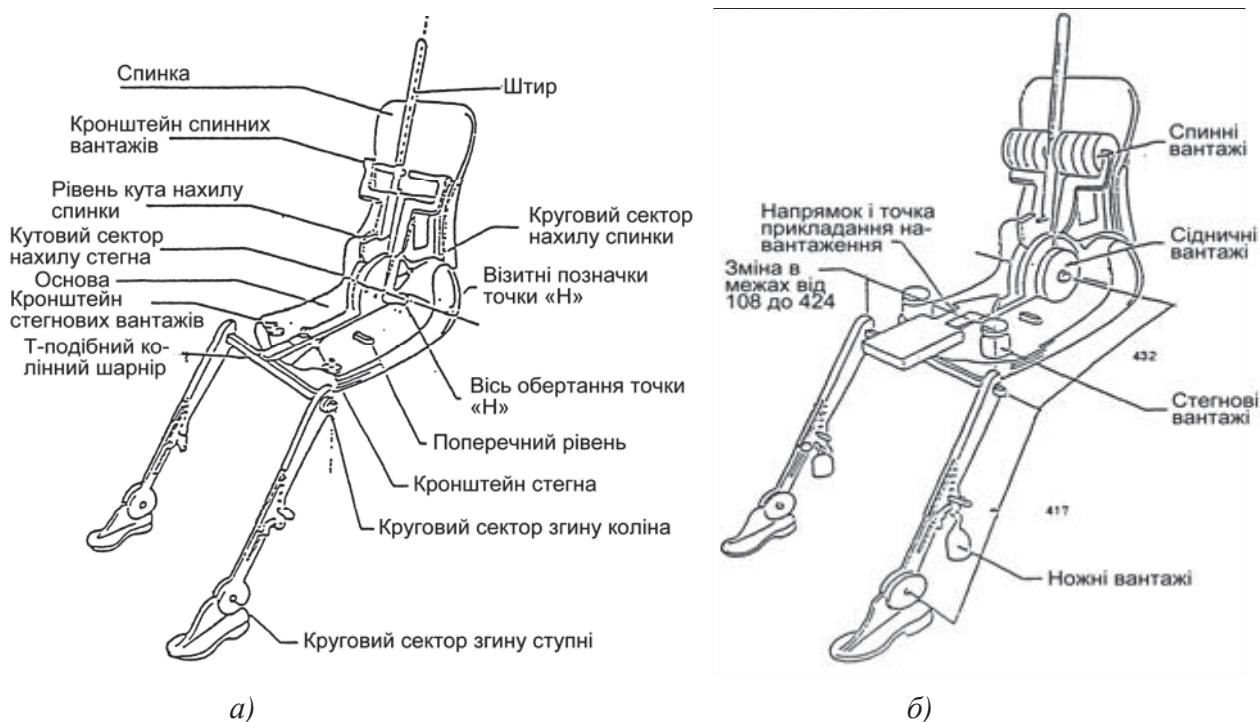


Рисунок 2. – Позначення елементів об'ємного механізму а) та їх розміри і розподіл вантажників б)

Точка  $H$  (« $H$ » *point*) – це центр обертання тулуба і стегна об'ємного механізму визначення точки 3-D. Точка  $H$  розташовується в середині осевої лінії пристрою, що проходить між візирними позначками точки  $H$  з обох сторін механізму 3-D визначення точки  $H$ . Ця точка є фіксованою відносно подушки сидіння і переміщується разом з нею під час регулювання сидіння.

Спинка і основа об'ємного механізму моделюють тулуб та стегна людини і кріпляться один до одного механічно в точці  $H$ . Вони виготовляються з армованого пластику і металу. На стрижень, закріплений в точці  $H$ , встановлюється круговий сектор для вимірювання фактичного кута нахилу спинки. Центральна лінія стрижня об'ємного механізму представляє лінію тулуба (*torso-line*) у крайньому задньому положенні. Середня площина об'ємного механізму визначення точки  $H$  відповідає центральній площині водія або пасажира (*centreplane of occupant*) ( $C/LO$ ). На окремих сидіннях центральна площина сидіння співпадає з центральною площиною водія або пасажира.

Фактичний кут нахилу тулуба (*actual torso angle*) вимірюється між вертикальною лінією, яка проходить через точку  $H$ , і лінією тулуба за допомогою кругового сектора механізму 3-D. Конструктивний кут нахилу тулуба (*actual torso angle*) являє собою кут, вимірюваний між вертикальною лінією, яка проходить через точку  $R$ , і лінією тулуба в положенні, паралельному до лінії нахилу спинки сидіння, яке задає завод-виробник.

Для передніх сидінь, точку  $H$  не можна визначати із застосуванням об'ємного механізму. Для них як контрольну точку, можна застосовувати точку  $R$ , вказану заводом-виробником згідно ДСТУ UN/ECE R 12-03:2004 23 [12]. Теоретично фактичний кут нахилу тулуба відповідає конструктивному куту нахилу тулуба. Елементи, що моделюють стопи і гомілки, з'єднуються з тулубом за допомогою колінного шарніра, який є поздовжнім продовженням регульованого кронштейна стегна. Для вимірювання кута згину коліна елементи гомілки і кісточки обладнані круговими секторами. Для визначення кута нахилу стопи елементи, що моделюють стопи, мають шкалу градування. Стопи і ноги переміщуються вперед так, щоб стопи зайняли природне положення (у разі необхідності між робочими педалями). Ліву ступню, по можливості, слід встановлювати так, щоб вона перебувала приблизно на такій самій відстані з лівого боку від центральної площини механізму визначення точки  $H$ , на якій перебуває права стопа з правого боку. Якщо ліва нога не може утриматися паралельно до правої ноги, а ліва стопа не може бути встановлена на елементах конструкції, то фіксується ліва стопа так, щоб її можна було встановити на опорі. Якщо стопи спираються на елементи підлоги, які перебувають на різних рівнях, то та стопа, яка перша доторкнулася до переднього сидіння, вважається основною, а інша стопа розташовується так, щоб забезпечити горизонтальне положення. Горизонтальність визначають за візирними позначками а лінія, що проходить через візирні позначки точки  $H$ , повинна бути перпендикулярна до поздовжньої центральної площини сидіння. Лінія, що проходить через візирні позначки визначення точки  $H$ , повинна бути паралельною до горизонтальної поверхні і перпендикулярною до поздовжньої центральної площини сидіння. Для забезпечення горизонтального положення на гомілках і стегнах розміщують вантажі. Стопи і ноги кріпляться до основи корпусу або окремо, або за допомогою Т-подібного колінного шарніра. Регульований шарнір стегна, що сполучається з основою тулуба, визначає центральну лінію стегна і служить початковою лінією для кругового сектора нахилу стегна. Орієнтація пристрою забезпечується за рахунок використання двох рівнів. Вантажі, що розміщуються на тулубі, встановлюються у відповідних центрах ваги і забезпечують навантаження на подушку сидіння еквівалентне тому, яке створюється пасажиром масою 76 кг. Усі шарніри механізму визначення точки  $H$  повинні забезпечити їх вільний рух і виключити будь-яке посилене тертя.

Подушка сидіння, як правило, розташована практично горизонтально, а спинка сидіння, що служить опором для спини, плечей і, можливо, голови пасажира розміщується під певним кутом до вертикалі. Тому основу і спинку об'ємного механізму визначення точки  $H$  розміщують так, щоб центральна площина водія або пасажира ( $C/LO$ ) співпадала з центральною площиною механізму. Для цього нахилиють задню частину основи тулуба вперед до його повної зупинки і відводять об'ємний механізм визначення точки  $H$  від спинки сидіння за допомогою Т-подібного колінного шарніра. Якщо об'ємний механізм ковзає назад, необхідно дати йому можливість ковзати назад доти, поки не відпаде необхідність у використуванні переднього обмежувального навантаження на Т-подібний колінний шарнір в горизонтальній площині, тобто доти, поки задня частина механізму не зіткнеться зі спинкою сидіння. Якщо ж об'ємний механізм 3-D визначення точки  $H$  не ковзає назад, необхідно примусово його відсувати назад під навантаженням. Зусилля величиною  $(100 \pm 10)$  Н прикладається до Т-подібного колінного шарніра доти, поки задня частина механізму не зіткнеться зі спинкою сидіння. Це зусилля повинно бути весь час спрямовано вздовж лінії, що проходить через перетин кругового сектора стегна і кожуха Т-подібного колінного шарніра, до точки, що перебуває трохи вище кожуха кронштейна стегна. Експеримент необхідно проводити так, щоб не допустити зісковзування об'ємного механізму 3-D визначення точки  $H$  уперед.

Вісім вантажів на спині розташовують по чергово на правій і лівій частинах основи тулуба, а поверхню місця для сидіння, з якою стикається об'ємний механізм 3-D для визначення точки  $H$ , покривають мусліною бавовняною тканиною, що має 18,9 ниток на  $\text{см}^2$  з питомою вагою  $0,228 \text{ кг/м}^2$ , або матеріалом з аналогічними характеристиками.

Щоб усунути тиск на спинку сидіння спинку об'ємного механізму нахилиють вперед. Потім здійснюють по дузі  $10^\circ$  три повних цикли нахилу об'ємного механізму у кожен бік від вертикальної центральної площини. Цим виявляють і усувають можливі точки тертя між об'ємним механізмом 3-D визначення точки  $H$  і сидінням. У ході розгойдування Т-подібний шарнір об'ємного механізму може відхилитися від встановленого горизонтального і вертикального напрямів. Тому під час розгойдування механізму Т-подібний шарнір повинен утримуватися відповідною поперечною силою. При цьому стопи механізму не утримуються і не обмежується їх переміщення. Якщо стопи змінять своє положення, вони повинні залишатися на деякий час у новому положенні. У нульове положення вони повертаються назад спинкою механізму до стикання її зі спинкою сидіння. У разі переміщення стіп під час розгойдування об'ємного механізму їх потрібно знову встановити позмінно підносячи кожен стопу з підлоги на мінімальну величину. У цьому разі стопи необхідно утримувати так, щоб вони могли обертатися. Коли кожна стопа знову встановлюється в своє нижнє положення, п'ятка повинна стикатися з відповідним елементом конструкції.

За необхідності забезпечення поперечного рівня у нульовому положенні, зусилля прикладається до верхньої частини спинки механізму в поперечній площині. Величина зусилля повинна бути достатньою для встановлення в горизонтальне положення спинки об'ємного механізму на сидінні. Щоб не допустити зісковзування механізму на подушку сидіння слід притримувати Т-подібний шарнір і потім повернути назад спинку механізму до стикання зі спинкою сидіння та позмінно прикладати і зводити до нуля горизонтальне навантаження, що діє ззаду. Зусилля прикладається до штанги кута нахилу спинки на висоті центра кріплення вантажів до спини доти, поки круговий сектор стегна не покаже, що після зменшення навантаження до 25 Н досягнуто стійке положення. Необхідно забезпечити також, щоб на механізм 3-D визначення точки  $H$  не діяли будь-які зовнішні сили, спрямовані вниз або убік. У разі необхідності повторної орієнтації механізму у горизонтальному напрямі слід нахилити спинку механізму вперед і знову перевірити його горизонтальне положення. Після проведення переорієнтації та приведення в положення випробувань об'ємний механізм залишають у вільному стані щонайменше на 30 хв. і знімають з сидіння відразу після проведення випробувань даного типу. У цілому механізм відповідає вимогам стандарту *ISO 6549-1980*. Використовують також універсальний тривимірний манекен (***H-Point-Manikin***) SAE стандарту, який дозволяє задати вагу і обриси тіла (на 10, 50, 90% відповідності) дорослого чоловіка. Імітатор ваги тіла дозволяє довести масу манекена до 76 кг. Ці манекени виготовлені з армованого пластику й металу, вони складаються з окремих частин спинки і тулуба, що механічно прикріплюються до стегон в точці  $H$ , яка імітує фактичний центр хребта тулуба і стегна людини. У точці  $H$  встановлюється для вимірювання ефективної висоти один давач, а до сектора кріпиться давач для вимірювання кута нахилу спинки.

Координати точок  $H$  і  $R$  сидіння вимірюються відносно тривимірної системи координат. Точка  $R$  (*R point*) або контрольна точка місця для сидіння (*seating reference point*) є умовною точкою, яку встановлюють стосовно об'ємного механізму, а її координати визначаються заводом-виробником для кожного місця для сидіння. Теоретична точка  $H$  відповідає точці  $R$ . Якщо сидіння, розміщені в тому самому ряду є багатомісними, необхідно визначати тільки одну точку  $H$  і один фактичний кут нахилу спинки сидіння для кожного ряду. Об'ємний механізм розміщують у місці, яке можна вважати як типовим для даного ряду сидінь: у передньому ряду – місце водія, а у задньому ряду (або рядах) – одне з крайніх місць. Якщо випробування проводять на сидінні поза транспортним засобом, то підлога, на яку встановлюють сидіння, повинна мати ті самі основні характеристики, що і підлога колісного транспортного засобу, в якому буде встановлене таке сидіння.

Дослідимо відповідність вимогам ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 напівм'яких двомісних пасажирських автобусних сидінь без системи регулювання та переміщення (які не передбачені конструкцією). Кінограма процесу навантаження сидіння показана на рис. 3.



Рисунок 3. – Кінограма процесу навантаження папівм'яких двомісних автобусних сидінь

Конструктивно такі сидіння складається з двох м'яких частин, установлених на спільній основі. Основу сидіння складає зварний каркас, виготовлений із сталевих труб, до якого приварюються стійка для кріплення сидіння до підлоги та кронштейн для кріплення до боковини. У процесі монтажу в автобусі кріплення сидіння здійснюються зі сторони проходу болтовим з'єднанням через настил підлоги з силовим елементом П-подібного профілю. Цей профіль (40×50×28 мм товщиною стінок 3 мм) призначений для кріплення сидіння і приварений безпосередньо до каркаса основи автобуса. Зі сторони боковини сидіння своїм кронштейном опирається на приварену до каркаса боковини металеву смугу 60×6 мм, що призначена для фіксації сидіння, та кріпиться до вварених у смугу шпильок. Без урахування кріпильних деталей маса сидіння становить 27,3 кг (довжина сидіння 630 мм, висота сидіння 1145 мм). Сидіння, встановлене на спільній основі, має ширину 910 мм і кріпиться до підлоги двома комплектами деталей, в які входять болти М10×45 та гайки М10 класу міцності 8.8. До цього ж класу міцності віднесені кріпильні елементи двох комплектів кріплення сидіння до боковини кузова автобуса.

Згідно ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 конструкція сидіння повинна утримувати пасажиря, 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. Для проведення випробування, передбаченого в пункті 3 додатку 4 до ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 для статичного навантаження, максимальні зміщення центральної точки прикладання кожної сили у відповідності з приписами 3.2.1 додатку 4, заміряні в горизонтальній площині, яка проходить через середню поздовжню площину сидіння, не повинні перевищувати 200 мм.

Для досліджуваної конструкції сидіння повинно забезпечуватися наступні вимоги щодо енергопоглинання:

- максимальні зміщення центральної точки прикладання кожної сили у відповідності з приписами 3.2.1 додатку 4, заміряні в горизонтальній площині, яка проходить через середню поздовжню площину сидіння, не повинні бути меншими ніж 100 мм;

- максимальні зміщення центральної точки прикладання кожної сили у відповідності з приписами 3.2.2 додатку 4, заміряні в горизонтальній площині, яка проходить через середню поздовжню площину сидіння, повинні становити 200 і 170 мм відповідно.

Під час випробувань не відбулось відокремлення жодної з частин сидіння, елементів його кріплення або додаткового обладнання. У процесі випробування сидіння міцно утримувалося на місці. Після випробувань жоден конструктивний елемент сидіння або додаткового обладнання не мав тріщин, відкритих зламів або гострих кутів чи ребер, здатних спричинити тілесні ушкодження.

Усі елементи, що є частиною задньої поверхні спинки сидіння або додаткового обладнання сконструйовані таким чином, що вони не спричинять нанесення будь-якого тілесного ушкодження пасажиру під час удару. Ця вимога вважається виконаною, оскільки будь-яка частина, котра може доторкнутись до сфери радіусом 165 мм, має радіус кривизни не менше 5 мм.

Кріплення сидінь на автобусі повинні піддаватися наступним альтернативним випробуванням:

- за методикою, описаною в додатку 5 до ДСТУ UN/ECE R80-00:2002, (тобто випробування кріплень сидіння за допомогою спеціально виготовленого пристрою);
- за методикою, описаною в додатку 4 в тому випадку, коли сидіння встановлене на елементі конструкції автобуса.

Що ж стосується залишкової деформації та руйнування кріплення або прилеглої ділянки підлоги то це допускається, якщо передбачені зусилля діяли на протязі всього нормативного часу. Нормативні значення параметрів та відповідні фактичні величини параметрів випробувань вказані у наведеній в табл.1.

Таблиця 1. – Нормативні значення параметрів та відповідні фактичні величини параметрів випробовуваних сидінь

| № з/п | Параметр  | Нормативне значення | Фактичне значення  |                     |
|-------|---|---------------------|--------------------|---------------------|
|       |   |                     | для лівого сидіння | для правого сидіння |
| 1     | Висота прикладання випробувального навантаження $H_1$ над рівнем базової площини (в даному випадку рівнем підлоги), м | 0,7... 0,8          | 0,8                |                     |
| 2     | Випробувальне навантаження $P_1$ , Н<br>$P_1 = \frac{1000}{H_1} \pm 50$   | 1200... 1300        | 1250               | 1250                |
| 3     | Висота прикладання випробувального навантаження $H_2$ над рівнем базової площини (в даному випадку рівнем підлоги), м | 0,45... 0,55        | 0,55               |                     |
| 4     | Випробувальне навантаження $P_2$ , Н<br>$P_2 = \frac{2000}{H_2} \pm 100$  | 3536... 3736        | 3640               | 3640                |
| 5     | Максимальне переміщення точки прикладання кожного зусилля, мм:<br>- $P_1$<br>- $P_2$                                  | 100... 400<br>≥ 50  | 200<br>200         | 200<br>170          |

Схематичне зображення напівм'яких двомісних пасажирських автобусних сидінь, які піддавались випробуванням з метою перевірки їх на відповідність вимогам ДСТУ UN/ECE



R80-00:2002 показані на рис. 4, а; місця прикладення сил – на рис. 4, б; а результати напружено-деформованого стану – на рис. 4, в.

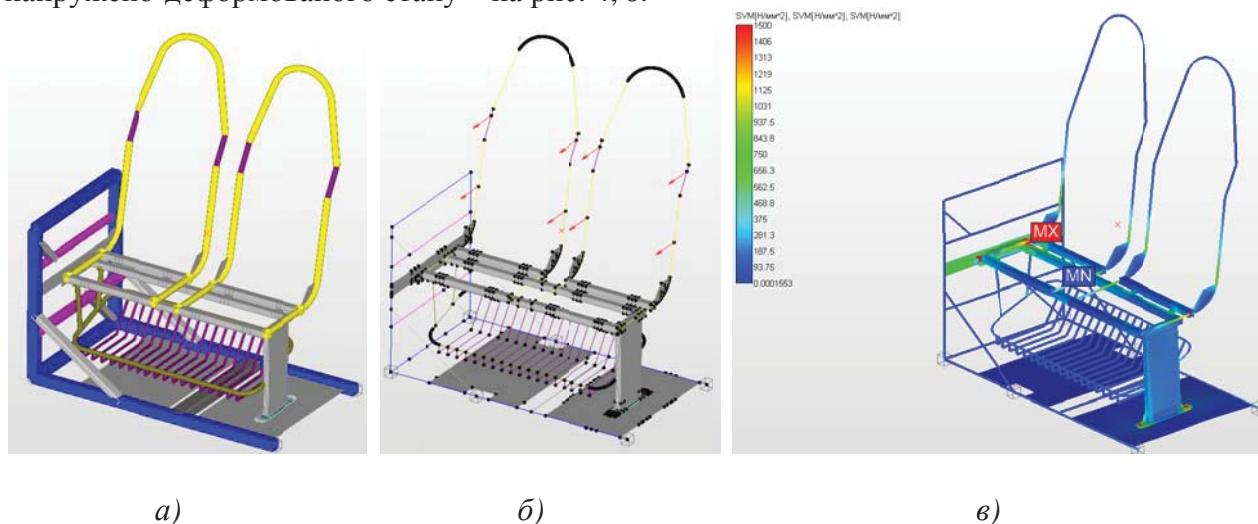


Рисунок 4. – Моделювання процесу перевірки напівм'яких двомісних пасажирських автобусних сидінь вимогам ДСТУ UN/ECE R80-00:2002: а) – розрахункова модель; б) – місця прикладення сил; в) – результати розрахунку напружено-деформованого стану

**Висновки.** Для офіційної сертифікації сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційної сертифікації цих дорожніх транспортних засобів щодо міцності сидінь та їх кріплень при розрахунках на міцність до вирішення ряду питань, пов'язаних з переміщеннями і напруженнями граничних та вузлових точок пасажирських автобусних сидінь доцільно застосовувати програмний комплекс APM Structure3D. Отримана загальна картина напружено-деформованого стану дозволила зменшити навантаженість структурних елементів кріплень.

1. [LS-DYNA A combined Implicit/Explicit solver. ls-dyna.com.](http://ls-dyna.com)
2. Програмный комплекс APM Structure3D CADmaster.ru > assets...articles/cm...apm\_winmachine.pdf
3. Mayrhofer E. Enhanced Coach And Bus Occupant Safety / Mayrhofer E., Steffan H., Hoschopf H. // 19th ESV Conference Paper Number 05-0351. - Washington, 2005.
4. Prasad A., Sutula D., Saul R., Hinch J., Hott C. Valvo L., Sword M. Status of NHTSA Motorcoach safety Plan. Paper Number 09-0448. P.13.
5. Elitok K. An investigation on the rollover crashworthiness of an intercity coach, influence of seat structure and passenger weight / Elitok K., Dr. Guler M.A., Bayram B., Stelzmann U. // 9th International LS-DYNA Users Conference. - USA, MI, Dearborn, 2006. – 18 p.
6. ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційного затвердження цих дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їх кріплень.
7. Хусаинов, А.Ш. Пассивная безопасность автомобиля: учебное пособие для студентов направлений 190100.62 «Наземные транспортно-технологические комплексы» по профилю – Автомобиле- и тракторостроение и 190109.65 «Наземные транспортно-технологические средства» по специализации «Автомобили и тракторы» / А.Ш. Хусаинов, Ю.А. Кузьмин. – Ульяновск :УлГТУ, 2011. – 89 с.
8. Безопасность автомобиля, анализ концепции. Рабинович Б.А. Журнал автомобильных инженеров. № 1 (54). 2009. С. 18-23.
9. SAE J826 H-POINT-MANIKIN - ATD Crash-Test-Dummies anthropomorphic-test device.com>...k03 head\_md.html.
10. 12 Types of Crash Test Dummy: Anatomy of a Crash-Test Dummy <http://www.oobject.com/12-types-of-crash-test-dummy/anatomy-of-a-crash-test-dummy/4364>.
11. ГОСТ 20304-90 (СТ СЭВ 4016-83) Манекены посадочные трехмерный и

двухмерный. Конструкция, основные параметры и размеры.

12. ДСТУ UN/ECE R 12-03:2004 Единые предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя от удара о систему рулевого управления (UN/ECE R 12-03:1994, IDT).

#### РЕФЕРАТ

Когут В.М., Горбай О.З., Керницький І.С., Сава Р.В. Дослідження напівм'яких двомісних пасажирських автобусних сидінь на відповідність вимогам ДСТУ UN/ECE R80-00:2002 / Володимир Михайлович Когут, Орест Зенонович Горбай, Іван Степанович Керницький, Роман Васильович Сава // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ – 2013. – Вип. 27.

Об'єкт дослідження – автобусні напівм'які пасажирські сидіння.

Мета роботи – опрацювання раціонального варіанту комп'ютерного моделювання, що дозволяє здійснювати адекватну перевірку міцності автобусних сидінь та відповідності їх конструкції до вимог єдиних технічних приписів щодо офіційної сертифікації сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційної сертифікації дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їх кріплень.

Метод дослідження – комп'ютерне моделювання з використанням таких сучасних програмних пакетів як *LS-DYNA*, *APM Winmascine* з метою створення адекватних математичних моделей, відповідних до результатів натурних експериментальних досліджень.

У роботі наведено експериментальні дані та здійснено комп'ютерне моделювання з метою визначення відповідності автобусних напівм'яких двомісних пасажирських сидінь вимогам єдиних технічних приписів щодо офіційної сертифікації сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційної сертифікації цих дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їх кріплень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОБУС, СИДІННЯ, МОДЕЛЬ, ЕКСПЕРИМЕНТ, ПРОГРАМА

#### ABSTRACT

Kohut V.M, Gorbaj O.Z., Kernytskyu I.S., Sava R.V. Study bus semi-soft doubles passenger seats to the requirements DSTU UN/ECE R80-00: 2002 / Vladimir Kohut, Orest Gorbaj, Ivan Kernytskyu, Roman Sava // Herald of the National Transport University. – K.: NTU – 2013. – Issue. 27.

The object of study are bus semi-soft doubles passenger seats .

The purpose of work is to study the rational option computer modeling, which allows an adequate test of the strength of bus seats and according to their design to the requirements of the technical prescriptions of their official certification of seats of large passenger vehicles and official certification of vehicles with regard to the strength of seats and their anchorages.

The method of research is computational modeling using modern software packages such as *LS-DYNA*, *Winmascine* in order to create adequate mathematical models, corresponding to the results of the field of experimental research.

In the experimental data and computer modeling carried out in order to determine compliance with the bus semi-soft double passenger seating configuration requirements are technical prescriptions for their official certification of seats of large passenger vehicles and official certification of these vehicles with regard to the strength of seats and their anchorages.

KEYWORDS: BUS, SEATS, MODEL, EXPERIMENT, PROGRAM

#### РЕФЕРАТ

Когут В.М., Горбай О.З., Керницький І.С., Сава Р.В. Исследование полумягких двухместных пассажирских автобусных сидений на соответствие требованиям ГСТУ UN/ECE R80-00:2002 / Владимир Михайлович Когут, Орест Зенонович Горбай, Иван Степанович

Керницкий, Роман Васильевич Сава // Вестник Национального транспортного университета. – К.: НТУ – 2013. – Вып. 27.

Объект исследования – полумягкие автобусные пассажирские сиденья.

Цель работы – выбор рационального варианта компьютерного моделирования, который позволяет проводить адекватную проверку прочности сидений автобусов на соответствие их конструкции требованиям единых технических предписаний относительно официальной сертификации сидений крупногабаритных пассажирских дорожных транспортных средств и официальной сертификации транспортных средств в отношении прочности сидений и их креплений.

Метод исследования – компьютерное моделирование с использованием современных программных пакетов, например *LS-D YNA*, *APM Winmascine*, с целью создания адекватных математических моделей, соответствующих результатам натуральных экспериментальных исследований.

В работе приведены экспериментальные данные и осуществлено компьютерное моделирование с целью определения соответствия автобусных полумягких двухместных пассажирских сидений требованиям единых технических предписаний относительно официальной сертификации сидений крупногабаритных пассажирских дорожных транспортных средств и официальной сертификации транспортных средств в отношении прочности сидений и их креплений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВТОБУС, СИДЕНЬЯ, МОДЕЛЬ, ЭКСПЕРИМЕНТ, ПРОГРАММА