

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ**  
**МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Підвищення пасивної безпеки автомобіля під час наїзду на**  
**пішохода»**

Виконав: студент IV курсу групи Ат-41

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Владислав Боротюк  
(ім'я та прізвище)

Керівник: Олег МIRONЮК  
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.113

Боротюк В. А. Підвищення пасивної безпеки автомобіля під час наїзду на пішохода : кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Степана Гжицького, 2025. 65 с.

Табл. 3; рис. 34; бібліогр. джерел 20.

Метою даної кваліфікаційної роботи є аналіз сучасних конструкцій та розробка конструктивних рішень, спрямованих на підвищення зовнішньої пасивної безпеки легкового автомобіля Daewoo Lanos.

Перший розділ присвячено розгляду конструктивних рішень щодо покращення зовнішньої пасивної безпеки транспортного засобу категорії М1. Розглянуто сучасні конструкції подушок безпеки пішохода, травмобезпечного бампера, капота. Наведено нормативні акти щодо зовнішньої пасивної безпеки транспортних засобів.

У другому розділі наведена методика розрахунку наявності у водія технічної можливості попередження наїзду на пішохода за умови необмеженої видимості і оглядовості. Встановлено основні параметри, за яких відбувається наїзд.

У третьому розділі описується подушка безпеки для пішохода, енергопоглинаючий бампер, травмобезпечний капот і крила, пристрій розпізнавання моменту зіткнення з пішоходом.

У четвертому розділі проведена оцінка ефективності заходів з підвищення безпеки дорожнього руху на автомобільних шляхах.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                                                                                                                             | 5  |
| 1 СТАН ПИТАННЯ .....                                                                                                                                                                                    | 7  |
| 1.1 Нормативні документи в галузі технічного регулювання конструктивної безпеки автомобіля .....                                                                                                        | 7  |
| 1.1.1 Правила ЄЕК ООН № 26 “Єдині приписи, щодо офіційного затвердження транспортних засобів у відношенні їх зовнішніх виступів” .....                                                                  | 8  |
| 1.1.2 Правила ЄЕК ООН № 61 «Єдині приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів неіндивідуального користування щодо їх зовнішніх виступів, розташованих перед задньою панеллю кабіни» ..... | 12 |
| 1.1.3 Правила ЄЕК ООН № 73 «Єдині приписи, що стосуються офіційного затвердження вантажних транспортних засобів, причепів і напівпричепи щодо їхнього бічного захисту» .....                            | 15 |
| 1.1.4 Глобальні технічні правила № 9 .....                                                                                                                                                              | 17 |
| 1.1.5 Нормативні акти України в галузі встановлення вимог щодо безпеки пішоходів .....                                                                                                                  | 22 |
| 1.2 Огляд пристроїв захисту пішоходів .....                                                                                                                                                             | 24 |
| 2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА .....                                                                                                                                                                            | 36 |
| 2.1 Загальні принципи встановлення можливості попередження наїзду на пішохода, що переміщається в поперечним напрямку за необмеженої видимості і оглядовості .....                                      | 36 |
| 2.2 Методика розрахунку наїзду на пішохода за постійної швидкості руху автомобіля .....                                                                                                                 | 37 |
| 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА .....                                                                                                                                                                           | 41 |
| 3.1 Подушка безпеки для пішохода .....                                                                                                                                                                  | 41 |
| 3.2 Травмобезпечні крила кузова .....                                                                                                                                                                   | 46 |
| 3.3 Травмобезпечний бампер .....                                                                                                                                                                        | 47 |
| 3.4 Травмобезпечний капот .....                                                                                                                                                                         | 52 |
| 3.5 Пристрій розпізнавання наїзду транспортного засобу на пішохода для активізації подушки безпеки .....                                                                                                | 57 |
| 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ .....                                                                                                                                                                 | 60 |
| 4.1 Оцінка впливу заходів з підвищення безпеки дорожнього руху на зниження числа дорожньо-транспортних пригод .....                                                                                     | 60 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....                                                                                                                                                                                 | 63 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                                                                                                                        | 64 |

## ВСТУП

Пасивна безпека – це властивість автомобіля зменшувати тяжкість наслідків ДТП. Пасивна безпека проявляється в період, коли водій, незважаючи на вжиті заходи безпеки, вже не може змінити характер руху автомобіля та запобігти ДТП [2].

Під час удосконалення «пасивної» безпеки автомобіля, тобто обмеження наслідків аварії, перед конструкторами відкривається широке поле діяльності. Таким чином, забезпечення пасивної безпеки практично має не менше значення як активна безпека, і є частиною однієї загальної проблеми – забезпечення безпеки руху.

Зовнішня пасивна безпека – це властивість транспортного засобу знижувати або виключати ймовірність та тяжкість травмування пішоходів, а також водіїв та пасажирів.

Пасивна безпека включає безліч елементів. Аналіз реальних наїздів і імітація аварій з манекенами показали, що летальний наслідок у 80% всіх випадків буває викликаний травмами голови під час контакту з автомобілем [1].

Місце контакту залежить від зросту людини та від конфігурації передка – у випадку з легковим автомобілем це або капот, або лобове скло. Оскільки сучасне триплексне лобове скло (два загартованих скла і тонка плівка між ними) набагато «м'якше» металу, смертельні травми голови частіше отримують під час удару об капот, об важелі механізму склоочисників.

Друга група найчисленніших «пішохідних» травм – переломи гомілкових кісток, пошкодження колінних суглобів та стегнових кісток. Як правило, травми ніг не смертельні, але здатні зробити людину інвалідом. Основна причина – удари об бампер і передній край капота.

Зменшити ймовірність травм під час наїзду можна, зробивши передню частину автомобіля більш податливою («м'якшою»).

Сьогодні ведеться активна робота в цій галузі. Бампер у разі зіткнення першим приймає на себе тяжкість удару. При цьому поєднуючий лонжерони

поперечний брус утоплений углуб. Під час наїзду на пішохода податливий пластик просто прогнеться, пом'якшуючи удар по ногах і страшного перелому в колінних суглобах вдасться уникнути.

Від капота до клапанної кришки двигуна теж залишено значний проміжок – це запрограмована «глибина деформації» у випадку можливих ударів голови. Крім того, крила кріпляться до брызговики моторного відсіку не безпосередньо, а через спеціальні стійки, що деформуються. Петлі капота теж розраховані на енергопоглинання під час удару зверху. А механізм «двірників» виконаний таким чином, що повідці утоплюються під час силової дії ззовні, не завдаючи тяжких травм голові пішохода.

## 1 СТАН ПИТАННЯ

### 1.1 Нормативні документи в галузі технічного регулювання конструктивної безпеки автомобіля

Початок формування вимог щодо безпеки пасажирів автомобіля припадає на 50-і роки минулого століття. З середини 1980-х перейнялися збереженням життя та здоров'я пішоходів під час ДТП. Даною проблемою зацікавилися виробники автомобілів та незалежні від них організації, у тому числі підтримувані урядами деяких країн [2].

Найбільших успіхів у питаннях технічного регулювання конструктивної безпеки автомобіля під час наїзду на пішохода досягли автомобільні компанії і організації в США, державах ЄС і Японії – основних країнах-виробниках автомобільної техніки. У Сполучених Штатах Америки з 1971 р. запроваджено статистичні бази з дорожньо-транспортних пригод, такі як GES (General Estimates System) та FARS (Fatality Analysis Reporting System), а пізніше почалося впровадження програм моделювання та визначення причин та наслідків ДТП за участю пішоходів (наприклад, Crash Analysis Tool (PBCAT)) [6].

Відповідно до вимог стандарту США FMVSS 131 «Пристрої шкільного автобуса для запобігання наїзду на пішоходів» у конструкції автобусів мають бути передбачені такі пристрої як сигнальні лампи жовтого та червоного світла, дзеркала «кругового» огляду, табличка «STOP», що висувається з борту автобуса, для подачі відповідного сигналу водіям інших транспортних засобів.

Спочатку в США розробка заходів щодо зниження кількості та тяжкості наслідків ДТП за участю пішоходів велася в напрямку впровадження заходів щодо недопущення самої події: застосування запобіжних дорожніх знаків, введення світловідбиваючого маркування та вимог правил паркування, вивчення психології поведінки пішоходів (в т.ч. тих, хто перебуває у стані алко-

гольного сп'яніння).

Країни-учасниці Женевської угоди 1958 р. запровадженням у 1972-му році Правил ЄЕК ООН № 26 «Єдині приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів у відношенні їх зовнішніх виступів» вперше окреслили розуміння проблеми забезпечення безпеки осіб, які перебувають поза транспортними засобами. Цими Правилами були введені вимоги щодо зовнішніх виступів транспортних засобів категорій M1 і N1: декоративних деталей, фар, решіток, бамперів, склоочисників, а крім того, і до самої зовнішньої поверхні, яка не повинна мати гострих і ріжучих виступаючих назовні частин, що становлять небезпеку для пішоходів у разі зіткнення. Вимоги Правил ЄЕК ООН № 26 формувалися в результаті діяльності Робочої групи з конструкції транспортних засобів КВТ ЄЕК ООН, відомої зараз як Всесвітній форум для узгодження правил у галузі транспортних засобів (WP.29) ЄЕК ООН [6].

### **1.1.1 Правила ЄЕК ООН № 26 “Єдині приписи, щодо офіційного затвердження транспортних засобів у відношенні їх зовнішніх виступів”**

Зовнішня поверхня транспортного засобу не повинна мати виступаючих назовні гострих або ріжучих частин або виступів, що за своєю формою, розмірами, напрямком або жорсткістю можуть збільшити небезпеку чи серйозність поранення осіб, які ударяються чи зачіпаються транспортним засобом у разі зіткнення [3].

Зовнішня поверхня транспортного засобу не повинна мати частин, що виступають назовні, які можуть зачепити пішоходів, велосипедистів або мотоциклістів.

Жодна виступаюча частина зовнішньої поверхні не повинна мати радіус кривизни меншим 2,5 мм.

Виступаючі частини зовнішньої поверхні, виготовлені з матеріалу, твердість якого не перевищує 60 одиниць Шору, можуть мати радіус кривизни

менше 2,5 мм.

Додаткові декоративні деталі, що виступають по відношенню до своєї опори більше, ніж на 10 мм, повинні утоплюватися, відриватися або згинатися під дією сили 10 daN, що прикладається в їх найбільш виступаючій точці, в будь-якому напрямку в площині, приблизно паралельній тій поверхні, на якій вони монтуються. Ці положення не поширюються на декоративні деталі, розташовані на решітці радіатора.

Запобіжні планки або пластинки на зовнішній поверхні повинні міцно кріпитися на транспортному засобі.

Якщо додаткові декоративні деталі виступають назовні менше, ніж на 5 мм, то припис щодо мінімального радіусу кривизни 2,5 мм не застосовується, але зовнішні кути цих деталей повинні бути зішліфовані.

Виступаючі обідки і козирки фар дозволяються за умови, що максимальний їх виступ по відношенню до точки найбільш виступаючої поверхні скла фари не перевищує 30 мм і що радіус їх кривизни в будь-якому місці становить не менше 2,5 мм.

Решітка для забору або випуску повітря та облицювання радіатора: відстань між послідовно розташованими елементами не перевищує 40 мм. Для щілин розміром від 25 до 40 мм радіус кривизни має бути не менше 1 мм. Якщо ж відстань між двома розташованими послідовно елементами не перевищує 25 мм, радіуси кривизни зовнішньої поверхні елементів повинні бути не менші, ніж 0,5 мм.

Спряження передньої поверхні з бічними поверхнями кожного елемента, що утворює решітку або щілину, має бути зішліфовано.

Кріплення щіток склоочисника має бути таким, щоб важіль щіткотримача прикривався захисним елементом, що має мінімальну поверхню 150 мм.

Щітки та будь-які опорні деталі не повинні мати гострих кутів та гострих або ріжучих частин, що не мають спеціального призначення.

Кінці бамперів повинні бути загнуті у напрямку "зовнішньої поверхні"

таким чином, щоб зменшити небезпеку зачеплення навколишніх предметів.

Складові елементи бамперів повинні мати таку конструкцію, щоб мінімальний радіус кривизни всіх звернених назовні твердих поверхонь становив 5 мм.

Ручки, дверні петлі та кнопки дверей, багажників та кришок, наливні отвори та кришки баків. Для цих елементів виступи не повинні перевищувати 40 мм для ручок бічних дверей та 30 мм в усіх інших випадках. Якщо ручки бічних дверей поворотного типу, то вони повинні відповідати таким умовам:

- кінець ручки повинен бути спрямований назад, а сама ручка повинна бути вмонтована таким чином, щоб вона поверталася в площині паралельній дверям, і не поверталася назовні;

- кінець ручки повинен бути загнутий за напрямком до дверей і перебувати у поглибленні.

Гайки кріплення коліс, ковпаки маточок та декоративні ковпаки коліс не повинні мати виступів ребристої форми.

Під час руху в прямому напрямку жодна частина коліс, за винятком шин, розташована вище горизонтальної площини, що проходить через їх вісь обертання, не повинна виступати за контури вертикальної проекції зовнішньої поверхні або кузова на горизонтальну площину. Однак, якщо це викликається експлуатаційними вимогами, декоративні деталі коліс, що покривають гайки кріплення коліс і маточини, можуть виступати за вертикальну проекцію цієї поверхні або зовнішньої конструкції за умови, що поверхня виступаючої частини буде мати радіус кривизни не менше 30 мм і що виступ по відношенню до вертикальної проекції поверхні або зовнішньої конструкції ні в якому разі не буде перевищувати 30 мм.

Наявність жолобів, що служать, наприклад, як водостоки або направляючі для розсувних дверей, дозволяється лише за умови, що вони будуть загнуті всередину або їх краї матимуть захисний пристрій.

Радіус кривизни країв бічних обтічників та щитків, які можуть виступа-

ти назовні, має бути не меншим 1 мм.

Місце для домкрата не повинно виступати більше, ніж на 10 мм за вертикальну проекцію підлоги, розташовану безпосередньо над ним.

Метод визначення висоти виступів "зовнішньої поверхні".

1. Висота Н виступу визначається графічно по відношенню до периметра кола діаметром 165 мм усередині дотичної зовнішнього контуру "зовнішньої поверхні" частини, що підлягає перевірці.

2. Величина Н - це максимальна відстань, виміряна по прямій лінії, що проходить через центр кола діаметром 165 мм між контуром цього кола і зовнішнім контуром виступу.

3. Коли форма виступу така, що коло діаметром 100 мм не може торкатися частини зовнішнього контуру "зовнішньої поверхні" частини, то в якості контуру поверхні в цьому місці приймається коло діаметром 100 мм, розташоване між точками торкання цього кола із зовнішнім контуром.

4. Креслення поперечних перерізів "зовнішньої поверхні" частин, що розглядаються, повинні представлятися заводом-виробником, з тим щоб можна було виміряти висоту згадуваних вище виступів.

Потенційна небезпека для пішоходів зовнішніх виступів кабін вантажних автомобілів була зменшена шляхом запровадження відповідних положень Правил ЕСК ООН № 61 «Єдині приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів неіндивідуального користування щодо їх зовнішніх виступів, розташованих перед задньою панеллю кабіни». Вимоги цих Правил, що стосуються конструкції транспортних засобів категорій N1-N3, не менш жорсткі порівняно з Правилами ЕСК ООН № 26 і також покликані зменшити небезпеку та тяжкість ушкоджень, які людина отримує під час удару об зовнішню частину автомобіля у разі зіткнення.

### **1.1.2 Правила ЄЕК ООН № 61 «Єдині приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів неіндивідуального користування щодо їх зовнішніх виступів, розташованих перед задньою панеллю кабіни»**

Будь-які компоненти не повинні мати виступаючих назовні гострих або ріжучих частин або виступів, форма, розміри, напрям або твердість яких можуть збільшити небезпеку або тяжкість тілесних ушкоджень, одержуваних людьми, якщо їх вдарив або зачепив транспортний засіб у разі зіткнення [7].

Радіус кривизни декоративних деталей, торгових знаків, літер і цифр комерційної маркування повинен складати не менше 2,5 мм. Це положення не поширюється на декоративні деталі, якщо вони виступають назовні трохи більше, ніж 5 мм, однак у цьому випадку зовнішні краї цих деталей мають бути закругленими.

Декоративні деталі, торгові знаки, літери та цифри комерційного маркування, що виступають по відношенню до зовнішньої поверхні більше, ніж на 10 мм, повинні утоплюватися, відокремлюватися або згинатися під дією сили 10 daN, що прикладається в їх найбільш виступаючій точці в будь-якому напрямку в площині, приблизно паралельній тій поверхні.

Для прикладання сили в 10 daN використовується пуансон діаметром не більше 50 мм з плоскою ударною поверхнею. У випадках, коли це неможливо, застосовується еквівалентний метод. Після того як декоративні деталі втоплені, відділені або зігнуті, решта деталей не повинні виступати більше, ніж на 10 мм і не повинні мати будь-яких колючих, гострих або ріжучих країв.

Наявність виступаючих обідків і козирків фар допускається за умови, що по відношенню до зовнішньої поверхні скла фари вони виступають не більше ніж на 30 мм і що радіус їхньої кривизни в будь-якому місці становить не менше 2,5 мм.

Елементи решіток повинні мати радіус кривизни:

- не менше 2,5 мм, якщо відстань між поруч розташованими еле-

ментами перевищує 40 мм;

- не менше 1 мм, якщо ця відстань складає від 25 мм до 40 мм;
- не менше 0,5 мм, якщо ця відстань менша 25 мм,

Конструкція склоочисника вітрового скла і фар вищевказаних пристроїв повинна передбачати наявність захисного кожуха важеля щіткотримача, що має радіус кривизни не менше 2,5 мм і площу поверхні не менше 150 мм, що визначається проекцією на переріз, що виступає не більше ніж на 6,5 мм від точки.

Радіус кривизни сопла склоомивача фар повинен становити не менше 2,5 мм. Краї сопел, що виступають менше, ніж на 5 мм, мають бути закругленими.

Кінці захисних пристроїв (бамперів) повинні бути загнуті у напрямку зовнішньої поверхні кузова.

Складові елементи передніх захисних пристроїв повинні мати таку конструкцію, щоб мінімальний радіус кривизни всіх звернених назовні твердих поверхонь становив 5 мм.

Таке обладнання, як буксирні зчіпки та лебідки, не повинно виступати за передню площину бампера. Однак допускається, щоб лебідка виступала за передню поверхню бампера за умови, що в неробочому положенні закрита відповідним захисним елементом, радіус кривизни якого становить не менше 2,5 мм.

Ручки, дверні петлі та кнопки дверей, багажників та капотів, вентиляційні отвори, відкидні підніжки та поручні. Для цих елементів виступи не повинні перевищувати: 30 мм для кнопок дверей, 70 мм для поручнів та ручок кріплення капота, 50 мм – у всіх інших випадках. Їхній радіус кривизни повинен бути не менший 2,5 мм.

Якщо використовуються ручки бічних дверей поворотного типу, то вони повинні відповідати таким умовам:

- у разі, якщо ручки повертаються паралельно площині дверей, то відкритий кінець ручки має бути спрямований назад. Кінець такої ручки повинен бути загнутий у напрямку дверей і перебувати в поглибленні або захисному пристосуванні;

- ручки, що повертаються назовні в будь-якому напрямку, не паралельному площині дверей, у закритому положенні повинні знаходитись у поглибленні або у захисному пристосуванні. Відкритий кінець ручки повинен бути спрямований назад або вниз. Проте застосування ручок, які не відповідають цій останній вимозі, може бути дозволене, якщо:

- вони забезпечені самостійним зворотним механізмом;
- у разі поломки зворотного механізму вони можуть виступати більше, ніж 15 мм;
- їх радіус кривизни у відкритому положенні становить не менше 2,5 мм (це положення не застосовується, якщо у максимально відкритому положенні їх виступ становить менше 5 мм, у цьому випадку кути частин, спрямованих назовні, повинні бути закругленими);
- площа поверхні кінця ручки, виміряна на відстані не більше 6,5 мм від точки, що найбільш виступає, становить не менше 150 мм<sup>2</sup>.

Стічні жолобки допускаються за умови, що їхні кромки загнуті до кузова таким чином, щоб їх не можна було торкнутися сферою діаметром 100 мм і за умови, що ці краї прикриті захисним елементом з радіусом кривизни не менше 2,5 мм.

Гайки кріплення коліс, ковпаки маточин та захисні пристрої коліс не повинні мати виступів ребристої форми.

Під час руху по прямій лінії жодна частина коліс, за винятком шин, розташована вище горизонтальної площини, що проходить через їх вісь обертання, не повинна виступати за контури вертикальної проекції краю панелі кузова над колесом на горизонтальну площину. Проте, якщо це викликано експлуатаційними вимогами, захисний пристрій, що закриває гайки та кріплення коліс та маточини, може виступати за контури вертикальної проекції краю панелі кузова над колесом за умови, що радіус кривизни поверхні виступаючої частини становить не менше 5 мм і що вона в жодному разі не виступає за вертикальну проекцію краю панелі кузова над колесом, більше ніж на 30 мм.

Отвори для домкрата, якщо є, і вихлопна труба (труби) не повинні виступати більш ніж на 10 мм за вертикальну проекцію лінії підлоги або за вертикальну проекцію перетину вихідної площини із зовнішньою поверхнею транспортного засобу.

У відступі від цього припису вихлопна труба може виступати більше, ніж на 10 мм, якщо її краї закруглені і мають мінімальний радіус кривизни не менше 2,5 мм.

Подальшим кроком на шляху вдосконалення вимог щодо безпеки пішоходів стало введення з 1-го січня 1988 р. Правил ЄЕК ООН № 73 «Єдині приписи, що стосуються офіційного затвердження вантажних транспортних засобів, причепів та напівпричепів щодо їхнього бічного захисту» з метою запобігання попаданню захищених користувачів доріг під транспортний засіб або під його колеса збоку.

### **1.1.3 Правила ЄЕК ООН № 73 «Єдині приписи, що стосуються офіційного затвердження вантажних транспортних засобів, причепів і напівпричепи щодо їхнього бічного захисту»**

Бічний захисний пристрій не повинен збільшувати габаритну ширину транспортного засобу, а основна частина його зовнішньої поверхні не повинна розміщуватися більше ніж на 120 мм від найвіддаленішої площини (максимальна ширина) транспортного засобу. Його передній кінець на деяких транспортних засобах може бути загнутий усередину. Його задній кінець не повинен розміщуватися більше, ніж на 30 мм від боковин задніх шин, розташованих зовні (за винятком опуклих ділянок шин у місці контакту з дорогою) на відстані не менше 250 мм [7].

Зовнішня поверхня пристрою повинна бути гладкою і за можливості суцільною від його переднього до заднього краю; проте прилеглі частини можуть заходити одна на іншу за умови, що верхня частина звернена краєм

назад або вниз, крім того, може залишатися поздовжній зазор не більше чим в 25 мм при умові, що задня частина не виступає за межі передньої частини; закруглені шляпки болтів або заклепок можуть виступати за межі поверхні не більше, ніж на 10 мм, інші частини можуть виступати на таку ж відстань за умови, що вони гладкі і аналогічно закруглені. Усі зовнішні краї та кути повинні мати закруглення радіусом не менше 2,5 мм.

Пристрій може складатися з суцільної плоскої поверхні або однієї або більше горизонтальних смуг або комбінацій площин і смуг; використовувані смуги не повинні розміщуватися одна від одної більше, ніж на 300 мм, а їх висота має бути не меншою:

- 50 мм для транспортних засобів категорії N і O;
- 100 мм для транспортних засобів категорії N та O, при цьому вони мають бути відносно плоскими.

Передній край бокового огороження має бути сконструйований таким чином, що під час встановлення:

- на автотранспортному засобі: він не повинен розміщуватися більше чим на 300 мм назад від вертикальної площини, перпендикулярної до поздовжньої площини транспортного засобу і дотичної до зовнішньої поверхні шини колеса, розташованого безпосередньо перед огороженням;
- на причепі: він повинен знаходитись на відстані не більшій, ніж 500 мм ззаду від площини;
- на напівпричепі: не більше ніж на 250 мм ззаду від середньої поперечної площини опорних стійок, якщо вони є, але в будь-якому випадку відстань від переднього краю до поперечної площини, що проходить через центр шворня у його крайньому задньому положенні, не повинна перевищувати 2,7 мм.

Якщо передній край знаходиться в іншому незахищеному просторі, то він повинен являти собою цільну вертикальну деталь, що закриває огорожу на всю його висоту; при цьому зовнішня та передня площини цієї деталі повинні відповідно заходити назад не менше ніж на: 100 мм для транспортних засобів

категорії N та O, та загинатися всередину на 100 мм.

Задній край бокового огороження не повинен виступати вперед більше, ніж на 300 мм за межі вертикальної площини, перпендикулярної до поздовжньої площини транспортного засобу і дотичної до зовнішньої поверхні шини заднього колеса; на задньому краї не потрібно встановлення цільної вертикальної деталі.

Відстань між нижнім краєм огорожі та рівнем дороги не повинна в жодній точці перевищувати 550 мм.

Верхній край огорожі не повинен бути більше, ніж на 350 мм нижче частини конструкції транспортного засобу, яку утворює вертикальна площина, дотична до зовнішньої поверхні шин (крім опуклих частин шин, що знаходяться близько від землі).

Бічні огорожі повинні бути жорсткими, надійно встановленими (їхнє кріплення не повинно слабшати внаслідок вібрації, що виникає в умовах нормальної експлуатації транспортного засобу) та повинні бути виготовлені з металу або будь-яких інших придатних для цього матеріалів. Бічна огорожа вважається придатною, якщо вона здатна витримувати горизонтальне статичне навантаження в 1 кН.

Стаціонарно встановлювані на транспортному засобі компоненти, наприклад акумуляторні ящики, ємності для стисненого повітря, паливні баки, лампи, відбивачі та ящики для інструментів та запасні колеса, можуть бути вмонтовані в бічну огорожу.

#### **1.1.4 Глобальні технічні правила № 9**

Для запобігання серйозним та смертельним травмам пішоходів в аваріях Міжнародна Організація зі Стандартизації (ISO) у 1987 р. створила робочу групу WG2 з дослідження захисту пішоходів та для розробки відповідних методик випробувань. Результатом роботи цієї групи стала розробка стандартів, що вста-

новлюють методики випробувань із захисту пішоходів та характеристики необхідного обладнання для проведення таких випробувань: ISO 11096:2002 (Метод випробувань удару стегна, ноги та коліна пішохода), ISO/DIS 14514 (Метод випробувань удару голови пішохода) та ISO/DIS 16850 (Метод випробувань удару голови дитини). Стандарти ISO, а також стандарти, розроблені міжнародною організацією підвищення безпеки транспортних засобів ESV (Enhanced Safety Vehicle) в межах досліджень IHRA (International Harmonised Research Activities), лягли в основу проекту Директиви ЄС з безпеки пішоходів [6].

Для мінімізації ушкоджень, нанесених пішоходу під час наїзду на нього транспортного засобу, з 2005 р. стало обов'язковим відповідність конструкції автомобілів, методик випробувань та методів розрахунку вимогам Директиви ЄС 2003/102. Введення цієї Директиви передбачалося за два етапи: на першому – обов'язкова відповідність усіх нових типів транспортних засобів, що випускаються на території ЄС, вимогам, власне, Директиви ЄС 2003/102, на другому – запровадження переглянутих, більш жорстких вимог фази II цієї Директиви (що стосуються, наприклад, зниження величини максимального прискорення гомілки і динамічного кута коліна під час випробувань захисту нижньої частини ноги) [9].

Реалізацією другого етапу стала Директива ЄС 78/2009, ідентична Глобальним технічним правилам (ГТП) № 9. Вона замінила Директиву ЄС 2005/66 «Застосування фронтальних систем захисту» і крім того, ввела вимоги щодо обов'язкового встановлення допоміжних гальмівних систем, що допомагають розвинути максимальне сповільнення під час різкого гальмування. Також до складу вимог, що висувуються Директивою ЄС 78/2009, увійшли вимоги Директиви 74/483 (аналогічні Правилам ЄЕК ООН № 26).

З 1996 р. на базі кількох європейських випробувальних центрів була створена незалежна система оцінки пасивної безпеки автомобілів – European New Car Assessment Programme (EuroNCAP). Серед її засновників – державні інститути низки країн, які відповідають за безпеку дорожнього руху, органі-

зації споживачів, різноманітні автоклуби, а також Міжнародна автомобільна федерація – FIA. З лютого 2009 р. рейтингом визначення активної та пасивної безпеки автомобіля, крім визначення ступеня безпеки людей усередині транспортного засобу, передбачена обов'язкова оцінка за проходження випробувань «наїзд на пішохода».

Європейське співтовариство 25 серпня 2000 р. стало Договірною Стороною Глобальної угоди 1998 р., приєднавшись, таким чином, до Глобальних технічних правил, що додаються до цієї угоди. З цієї дати вимоги ГТП для транспортних засобів, що потрапляють до їх сфери визначення, можуть застосовуватися як альтернатива технічним додаткам відповідних Директив ЄС.

У зв'язку з великою щільністю населення Японії проблема наїзду автомобіля на пішохода завжди становила серйозну соціальну загрозу. Тому японські автокомпанії також приділяли багато уваги випробуванням та впровадженню у виробництво розробок, спрямованих на підвищення безпеки пішоходів під час наїзду на них. Для вирішення цього завдання уряд країни наприкінці 1990-х розпочав програму зниження наслідків наїздів транспортних засобів на пішоходів. Результати дії цієї програми багато в чому визначили підхід до затвердження критеріїв і процедур ГТП № 9. У національному законодавстві Японії присутні аналоги Правил ЄЕК ООН, спрямованим на мінімізацію ризику виникнення ДТП за участю пішохода та зменшення тяжкості наслідків під час зіткнення «автомобіль-пішохід».

З вересня 2007 р. всі нові типи легкових (до 9-ти місць включно) автомобілів та вантажних транспортних засобів на базі легкових, з повної масою менше 2500 кг, відповідають положенням "Технічних вимог захисту голови пішоходів". Приписи щодо методик підтвердження відповідності і обробки їх результатів містяться у документі TRIAS 63 «Процедури випробувань захисту голови пішоходів». Вимоги вищевказаних нормативних актів, що діють у Японії, дещо відрізняються від розпоряджень ГТП № 9 як щодо області їх визначення, так і у частині методик випробувань (табл. 1.1). Так, відповідно до

свої назви, японські документи не встановлюють вимоги щодо захисту ніг.

Таблиця 1.1 – Порівняння вимог, що ставляться для оцінки конструкції автомобіля під час наїзду на пішохода [9]

| Вимоги                                                                 | Європейський союз                                         |                          | ЄЕК ООН ГТП №9                                                                   | Японія TRIAS 63                                                 | EuroNCAP Протокол 5.0             |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                        | Фаза I                                                    | Фаза II                  |                                                                                  |                                                                 |                                   |
| Строк введення                                                         | 01.2009                                                   | 02.2013                  | Прийняття 11.2008, вступило в силу – згідно ст.. 7 ГТП                           | Нові (серт) 09.2005/09.2007, всі (вип.. в обіг) 09.2010/09.2112 | 02.2009                           |
| Галузь застосування                                                    | Кат. M1 повною масою до 2500 кг і N1 із M1 п/м до 2500 кг |                          | Всі кат. M1 і N1 п/м до 2500 кг плюс з п/м до 4500 кг з відст. «D» менше 1000 мм | Кат. M1 (до 9-ти місць вкл.), N1 із M1 п/м до 2500 кг           | Всі кат. M1 і N1                  |
| Захист голови дитини                                                   | Обов'язково                                               |                          | Обов'язково                                                                      | Обов'язково                                                     | Обов'язково                       |
| Швидкість зіткнення                                                    | 35 км/год                                                 |                          | 35 км/год                                                                        | 32 км/год                                                       | 40 км/год                         |
| Коефіцієнт НІС                                                         | <1000(2/3)<br><2000(1/3)                                  | <1000(2/3)<br><1700(1/3) | <1000(1/2, 2/3)<br><1700(1/3)                                                    | <1000(2/3)<br><2000(1/3)                                        | <1000=2 бали<br>>1350=0 балів     |
| Захист голови дорослої людини                                          | Не обов'язково                                            |                          | Обов'язково                                                                      | Обов'язково                                                     | Обов'язково                       |
| Швидкість зіткнення                                                    | 35 км/год                                                 |                          | 35 км/год                                                                        | 32 км/год                                                       | 40 км/год                         |
| Коефіцієнт НІС                                                         | 1000 (бажан. рівень)                                      | <1000(2/3)<br><1700(1/3) | <1000(2/3)<br><1700(1/3)                                                         | <1000(2/3)<br><2000(1/3)                                        | <1000=2 бали<br>>1350=0 балів     |
| Захист нижньої частини ноги                                            | Обов'язково                                               |                          | Обов'язково                                                                      | Нема вимог                                                      | Не обов'язково                    |
| Макс. прискорення гомілки                                              | 200 g                                                     | 170 g                    | 170 g                                                                            |                                                                 | <150 g =2 бали<br>>200 g =0балів  |
| Макс. динамічний кут коліна                                            | 210                                                       | 190                      | 190                                                                              |                                                                 | <150 =2 бали<br>>200 =0 балів     |
| Макс. переміщення коліна                                               | 6 мм                                                      |                          | 6 мм                                                                             |                                                                 | <6мм =2 бали<br>>7мм =0 балів     |
| Захист верхньої частини ноги/бампер                                    | Не обов'язково                                            |                          | Альтернатива проведення випробувань захисту нижньої частини ного                 | Нема вимог                                                      | Не обов'язково                    |
| Макс. миттєва сума сил                                                 | 7,5 кН                                                    |                          | 7,5 кН                                                                           |                                                                 | <5кН =2 бали<br>>6кН =0 балів     |
| Макс. згинальний момент                                                | 510 Нм                                                    |                          | 510 Нм                                                                           |                                                                 | <3000Нм=2 бал<br>>3800Нм=0балів   |
| Захист верхньої частини ноги / контрольна лінія переднього краю капоту | Не обов'язково                                            |                          | Нема вимог                                                                       | Нема вимог                                                      | Не обов'язково                    |
| Макс. миттєва сума сил                                                 | 5 кН (бажан. рівень)                                      |                          |                                                                                  |                                                                 | <5кН =2 бали<br>>6кН =0 балів     |
| Макс. згинальний момент                                                | 300 Нм (бажан. рівень)                                    |                          |                                                                                  |                                                                 | <300Нм =2 бали<br>>380Нм =0 балів |
| Системи активної безпеки                                               | ABS у стандарті                                           |                          |                                                                                  |                                                                 | ESP у стандарті = 1 бал           |

З метою гармонізації національних вимог, описаних вище, групою WP29 розроблені і в 2008 р. введені ГТП № 9. Таким чином, розроблені в рамках WP.29 Глобальні технічні правила № 9 (документ ECE/TRANS/180/Add9) представляють собою найактуальніший і найповніший на сьогоднішній день перелік вимог і процедур, спрямованих на підвищення безпеки конструкції транспортних засобів під час ДТП «пішохід-автомобіль». Визначення ступеня безпеки конструкції проводиться на підставі відповідності характеристик моделей частин тіла встановленим вимогам під час випробування.

Основним критерієм оцінки ступеня тяжкості травми голови пішохода, згідно з ГТП № 9, є коефіцієнт травмування голови *HIC* (*Head Injury Criteria*):

$$HIC = [1 / (t_2 - t_1) \int_{t_1}^{t_2} a \cdot d \cdot t]^{2.5} \cdot (t_2 - t_1)$$

Таблиця 1.2 – Залежність коду AIS від ступеня ушкоджень [9]

| Код AIS | Ступінь пошкоджень | Ймовірність отримання смертельних ушкоджень | Ушкодження (симптоми)                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|--------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Низька             | 0%                                          | Легкі пошкодження мозку (головний біль і запаморочення, втрата концентрації), незначні пошкодження ший                                                                                                                                                                        |
| 2       | Середня            | 0,1-0,4%                                    | Струс мозку з можливим пошкодженням черепа (втрата свідомості менше, ніж за 15 хвилин, утворення капілярної сітки на зіниці ока, незначні пошкодження сітківки), пошкодження лиця і носу без переломів                                                                        |
| 3       | Істотна            | 0,8-2,1%                                    | Струс мозку з можливим пошкодженням черепа (втрата свідомості більше, ніж за 15 хвилин без сильних неврологічних ушкоджень), відкритий або закритий перелом черепа (часткова втрата зору), перелом лицьової кістки, пошкодження ший без перелому і травмування спинного мозку |
| 4       | Сильна             | 7,9-10,6%                                   | Сильні пошкодження черепа із неврологічними наслідками                                                                                                                                                                                                                        |
| 5       | Критична           | 53,1-58,4%                                  | Струс мозку з пошкодженням черепа (втрата свідомості більше, ніж за 12 годин, внутрішні крововиливи, критичні неврологічні показники)                                                                                                                                         |
| 6       | Смертельна         | -                                           | Смертельні пошкодження головного мозку, ший і спинного мозку                                                                                                                                                                                                                  |

Значення коефіцієнта *HIC* не повинно перевищувати 1000 одиниць – значення, що відповідає 15% ризику отримання сильної травми голови (AIS 4+) (табл. 1.2) в межах половини зони випробувань з використанням моделі

голови дитини, і в межах 2/3 сукупної зони випробувань з використанням моделі голови дитини та дорослого. Для інших зон значення *НІС* не має перевищувати 1700.

Ризик отримання травм ніг встановлюється такими параметрами, як динамічний кут вигину коліна моделі нижньої частини ноги, прискорення гомілки (для автомобілів з висотою розташування контрольної лінії нижньої поверхні бампера менше 425 мм) і значення миттєвої суми ударних сил, а також момент вигину моделі верхньої частини ноги (для автомобілів з висотою розташування контрольної лінії нижньої поверхні бампера більше 500 мм). Для транспортних засобів з висотою розташування контрольної лінії нижньої поверхні бампера, що знаходиться в межах 425-500 мм, згідно ст. 98 ГТП № 9 може застосовуватися як перша, так і друга процедура підтвердження відповідності.

### **1.1.5 Нормативні акти України в галузі встановлення вимог щодо безпеки пішоходів**

У нашій країні цілі радикального скорочення дорожньо-транспортного травматизму, вдосконалення організації руху транспорту та пішоходів, а також підвищення рівня безпеки транспортних засобів намічалися у кілька етапів. Про необхідність прийняття радикальних заходів свідчать дані статистики ДТП, показники травматизму, що погіршуються, на дорогах. За даними офіційного сайту Національної поліції <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> в 2024 р. на території України всього сталося близько 25781 дорожньо-транспортних пригод, у яких загинуло 3202 людей (для порівняння: у 2023 р. – 23642 ДТП та 3053 учасників дорожнього руху, відповідно).

Правилами з проведення робіт у Системі сертифікації механічних транспортних засобів та причепів (затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 09.06.2011 № 738) з моменту їх вступу в силу були встановлені

вимоги обов'язкової відповідності нововипущених в обіг на території України типів транспортних засобів вимогам Правил ЄЕК ООН №№ 26-01, 61-00 та 73-00.

Пізніше, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 1360-р, введено в дію цільову програму «Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року», яка встановила послідовність адміністративних процедур, спрямованих на зниження кількості дорожньо-транспортних пригод, у т.ч. за участю пішоходів [16].

Технічним регламентом «Про затвердження конструкції колісних транспортних засобів, їх частин та обладнання» передбачене введення ще більш жорстких вимог для нових типів транспортних засобів, що знову випускаються в обіг на території України [17]. Запроваджено вимоги Правил ЄЕК ООН № 26 з поправками серії 02 (п. 4.1 Додатку № 2 Регламенту). З 01.01.2014 р. передбачено запровадження більш жорстких вимог поправок серії 03 цих Правил, які полягають у конкретизації вимог до радіо- та радіотелефонних антен, зокрема, до величини виступів їх основ.

Крім того, Регламентом передбачається запровадження принципово нових для вітчизняної системи підтвердження відповідності вимог – вищевказаних Глобальних технічних правил. Вимоги ГТП № 9 «Безпека пішоходів» будуть обов'язковими під час проведення процедури підтвердження відповідності типів транспортних засобів категорій M1, M2, N1 і N2, що знову випускаються в обіг. При введенні цих вимог до Регламенту враховано сучасний рівень розвитку економіки країни.

Встановлення вимог щодо безпеки пішоходів через Глобальні технічні правила, як і саме включення ДПТ № 9 до національного законодавства, є також кроком на шляху реалізації прийнятих Україною зобов'язань у рамках Глобальної Угоди 1998 р.

Проте першопричиною введення таких вимог слід вважати турботу про підвищення безпеки рядових громадян, кожен з яких в тій або іншій мірі є

учасником дорожнього руху.

## 1.2 Огляд пристроїв захисту пішоходів

Аналіз реальних наїздів та імітація аварій з манекенами показали, що летальний кінець у 80% усіх випадків буває викликаний травмами голови – причому як від вторинних ударів об асфальт під час падіння збитої людини, так і під час контакту з автомобілем (рис. 1.1 та 1.2, а–ж).

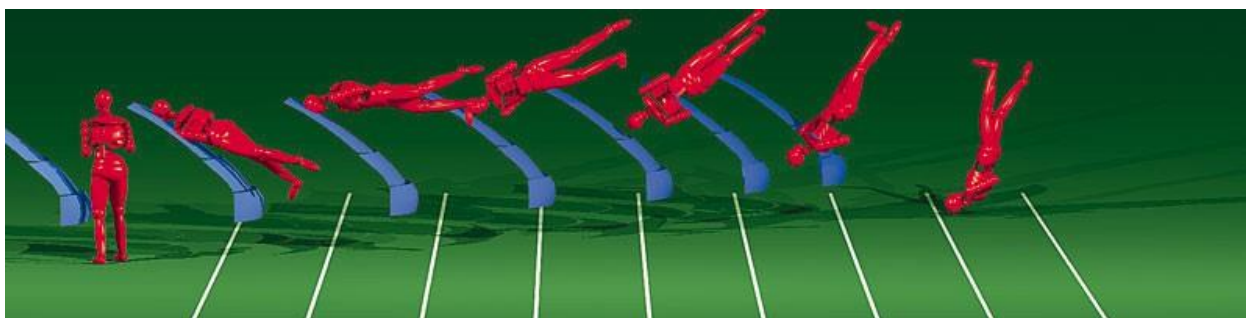


Рисунок 1.1 – Моделювання кінематики руху тіла під час наїзду автомобіля з однооб'ємним кузовом



а)



6)



B)



г)



д)



e)



e)



ж)

Рисунок 1.2 – Кінематика наїзду автомобіля на пішохода

Місце контакту залежить від зросту людини і від конфігурації передка – у випадку з легковим автомобілем це або капот, або лобове скло. Оскільки сучасне триплексне лобове скло (два загартовані стекла і тонка плівка між ними) набагато «м'якше» металу, смертельні травми голови частіше отримують під час удару об капот, об важелі механізму склоочисників. По краях прорізу вікна лобове скло за рівнем «твердості» наближається до металу (рис. 1.3-1.5).

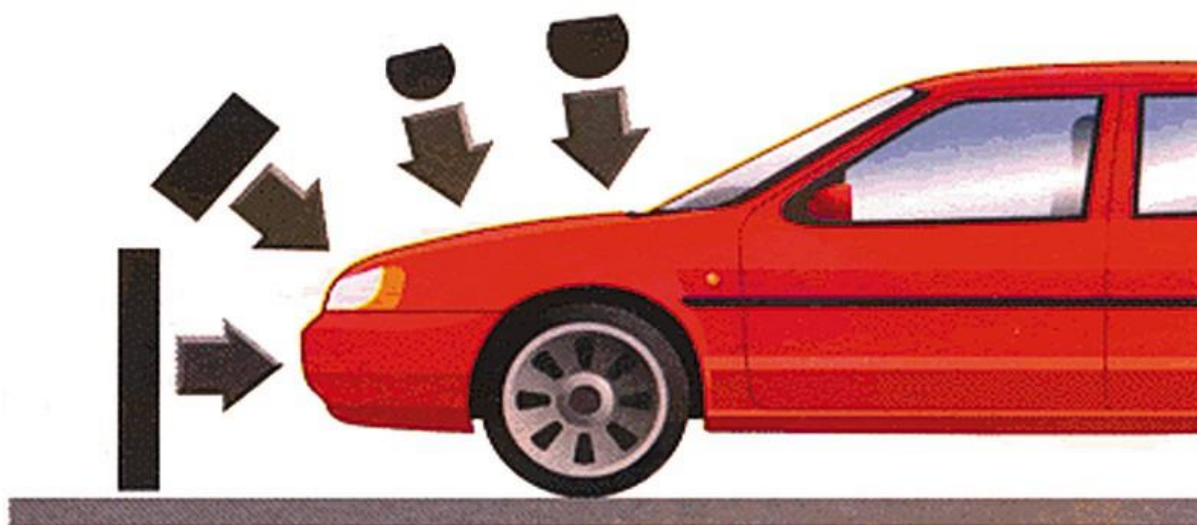


Рисунок 1.3 – Схема випробувань на безпеку пішоходів (тести моделюють удар ногами та головою нерухомого пішохода об бампер, капот і лобове скло автомобіля, що рухається зі швидкістю 40 км/год; напрямок та швидкість пострілу «стегна» і «голови» обчислюється в залежності від висоти та форми передка конкретного автомобіля)

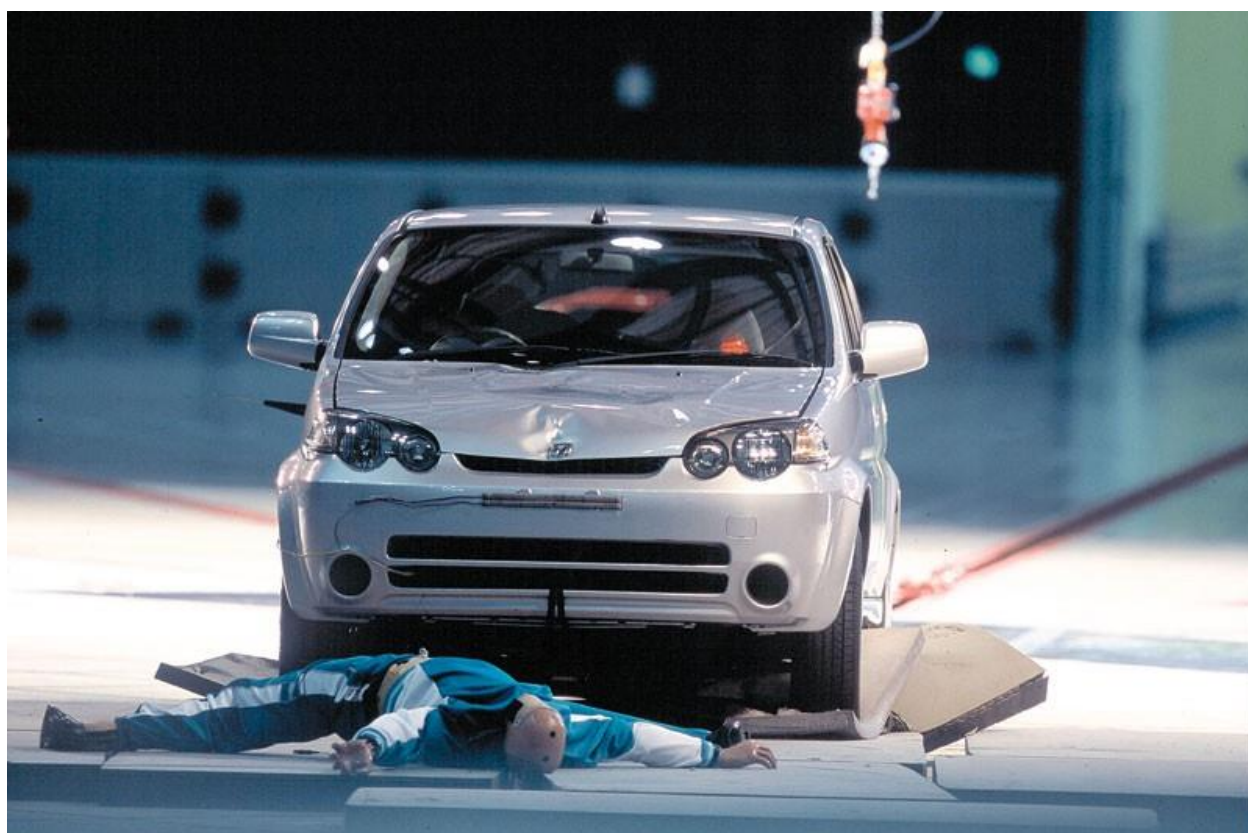


Рисунок 1.4 – Удар колінами припадає на саму виступаючу частину бампера, а удар головою відбувається об капот у районі стику з лобовим склом

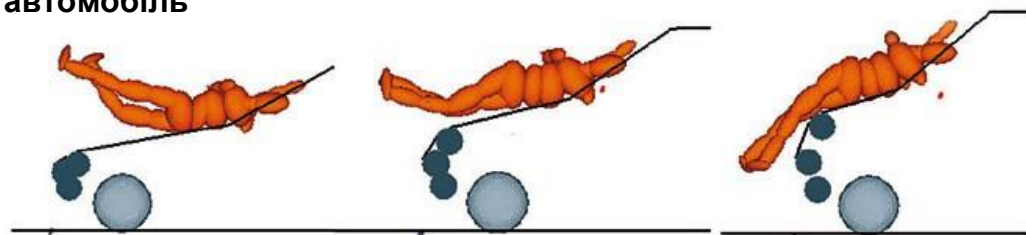
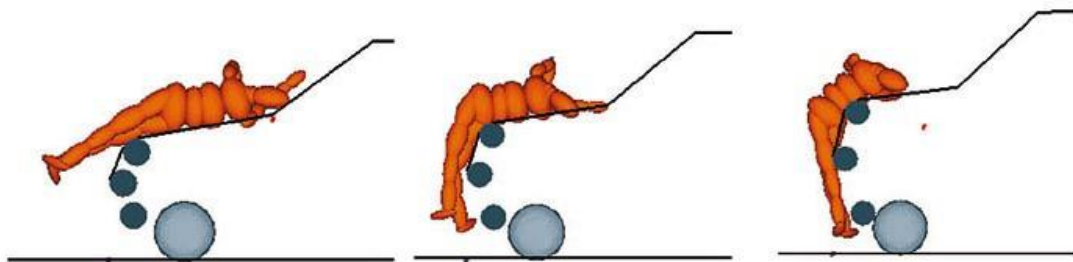
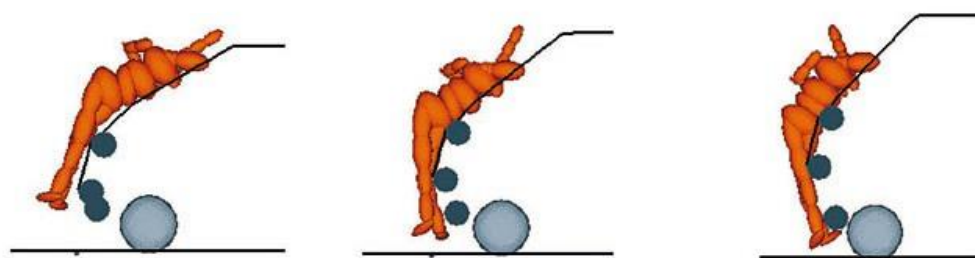
**Легковий автомобіль****Позашляховик****Однооб'ємний кузов**

Рисунок 1.5 – Результати комп'ютерного моделювання контакту пішохода з передком автомобілів з різним типом кузова

Друга група найчисленніших «пішохідних» травм – переломи гомілок, пошкодження колінних суглобів та бедрових кісток. Як правило, травми ніг не смертельні, але здатні зробити людину інвалідом. Основна причина – удари об бампер і передній край капота.

Зменшити ймовірність травм під час наїзду можна, зробивши передню частину автомобіля більш піддатливою (рис. 1.6).



*«М'яка»  
передня  
кромка капота*

*Поперечний  
брус заглиблений  
у передку*

Рисунок 1.6 – Травмобезпечна передня частина автомобіля

Зрозуміло, що «пом'якшити» його можна лише певною мірою – адже під тонким листом капота або під пластиком бампера все одно захищені «тверді» вузли та агрегати. Але фахівці британського полігону TRL провели низку тестів і в 1985 році на базі серійного хетчбека Austin Metro побудували експериментальний «безпечний» автомобіль, передок якого розрахований на захист пішоходів під час наїзду на «середньостатистичній» швидкості подібних зіткнень – 40 км/год. Наприклад, розрахунковий критерій ймовірності травми голови НІС (Head Injury Criterion) під час удару голови манекена об капот такої машини не перевищував порогової величини 1000. Звичайно, це ні в якій

мірі не гарантує пішоходу життя і здоров'я – адже він може отримати смертельну травму та у випадку вторинного удару головою об асфальт. За оцінками фахівців TRL, якби всі автовиробники закладали в конструкцію нових моделей заходи щодо «пішохідної» безпеки, то смертність під час наїздів через три роки знизилася б на 10%, а за вісім років – на 20%. Щороку в масштабах Центральної Європи це означає близько півтори тисячі врятованих життів, серед яких чимало дитячих [1].

Оцінюється «м'якість» автомобіля по відношенню до збитого пішохода за допомогою чотирьох суб-тестів, які дозволяють «простукати» передок за допомогою спеціальних пристроїв.

Перший тест – постріл спеціальною «ногою» в бампер. Другий – удар «бедром» об передній край капота. Третій та четвертий тести – це обстріл капота та лобового скла півсферами, що імітують голови дорослої людини та дитини. Усі «снаряди» оснащені датчиками. Наприклад, "нога" дозволяє вимірювати кут, на який вона "зламається" в колінному суглобі, зміщення "колінної чашки" і сповільнення. А "голови" фіксують рівень сповільнень, на основі яких вираховується коефіцієнт ймовірності травми голови НІС.

Першим «дружнім до пішоходів» автомобілем у 2000 році став хетчбек Daihatsu Sirion, у 2001 році до нього приєдналася нова Honda Civic та компактвени Honda Stream і Mazda Premacy, трохи пізніше три зірки в «пішохідному» рейтингу заробила Honda CR-V. Зрештою, «тризіркового» рейтингу захисту пішоходів здобув родстер MG TF. П'ять з шести «тризіркових» автомобілів в «пішохідному» рейтингу EuroNCAP – японські [9].

Під пластиковим кожухом переднього бампера у всіх сучасних автомобілів приховані торці лонжеронів і потужний поперечний брус, який замикає силову структуру передка і покликаний працювати під час зіткнення. Без цих елементів досягти гарної пасивної безпеки неможливо.

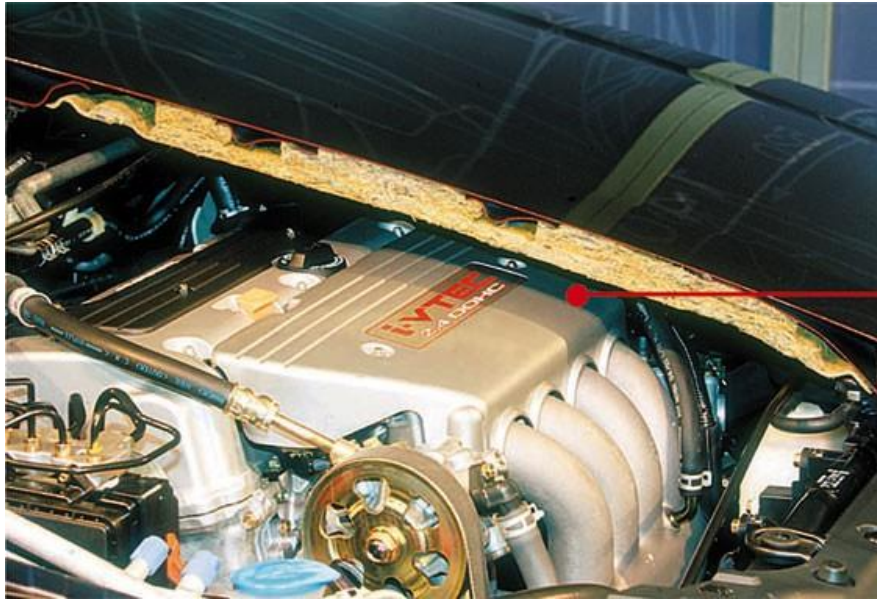
У цьому відношенні показовим є новий Accord. Повністю позбутися від «жорстких» силових елементів поки що не вдалося – кінці передніх лонжеро-

нів підходять впритул до корпусу бампера, щоб у разі зіткнення з перешкодою якомога раніше приймати на себе тягар удару. Але зв'язуючий лонжеронні поперечний брус втоплений вглиб – від бампера до металу залишається простір глибиною близько 10 см. і страшного перелому у колінних суглобах вдасться уникнути.

Від капота до клапанної кришки двигуна теж залишений значний проміжок – це запрограмована «глибина деформації» у випадку можливих ударів голови. Крім того, крила кріпляться до брызговики моторного відсіку не безпосередньо, а через спеціальні деформівні стійки – тепер навіть кромки крил стануть безпечнішими під час наїзду (рис. 1.7 та 1.8). Петлі капота теж розраховані на енергопоглинання під час удару зверху. А механізм «двірників» виконаний таким чином, що повідці утоплюються у випадку силової дії ззовні, не завдаючи тяжких травм голові пішохода [10].



Рисунок 1.7 – Енергопоглинаючі елементи капота автомобіля



*Запас  
простору від  
капота до  
двигуна*

Рисунок 1.8 – Запрограмована «глибина деформації» у випадку можливих ударів голови

Європейські автовиробники створили Центр спільних досліджень (JRC, Joint Research Centre), фахівці якого пропонують 2025 року ввести не чотири тести, як за версією EEVC, а два – одне «ніжне» випробування бампера та один тип ударів «усередненою» головою (і для дорослих, і для дітей). Причому навіть два цих спрощених «пішохідних» тести автовиробники хотіли б проводити на добровільній основі [12].

Пояснення фірми наводять різні. Багато хто вважає, що «м'який» передок, який відповідає вимогам EEVC, під час реальних наїздів не принесе очікуваного зниження смертності і травматизму – методика «обстрілу» не враховує впливу конструкції передка на тяжкість вторинних травм, які людина отримує під час удару об асфальт. Наприклад, однооб'ємні кузови з похилим «безкапотним» передком, на перший погляд, безпечніші, можуть відкидати людину на асфальт вниз головою – з відповідними смертельно небезпечними травмами шиї. Фахівці фірми Ford стверджують, що пом'якшення передка ускладнює умови роботи датчиків, які відповідають за розкриття подушок і спрацювання піротехнічних переднатягувачів ременів. А збільшені до необхідних 5-7 см зазори між капотом і «твердим» силовим агрегатом, необхідні

для захисту пішоходів, вимагають серйозної зміни в дизайні, негативно впливають на аеродинаміку та збільшують витрату палива.

Словом, за рідкісним винятком, автовиробники не бажають негайно вкладати гроші в пом'якшення передків своїх нових моделей. Натомість багато фірм пропонують удосконалювати активну безпеку, яка допоможе скоротити ймовірність зіткнень з пішоходами, наприклад, оснащувати автомобілі системами "нічного бачення", що дозволяють "розглянути" людину навіть у повній темряві. Один із перспективних заходів – це примусове обмеження швидкості в житлових районах і в зонах пішохідних переходів. На Заході такі системи вже отримали назва ISA, Intelligent Speed Adaptation. Спочатку для цієї мети передбачалося використовувати радіооповіщувачі, встановлені на в'їздах в зону зі зниженою швидкості. Бортові приймачі «пішохідних» сигналів на автомобілях могли б автоматично активувати обмежувач швидкості або, наприклад, робити педаль газу «тугішою» – як запобіжний захід для водіїв. Наразі запропоновано використовувати бортову навігаційну систему, на електронній карті якої можна виділяти ділянки із примусовим обмеженням швидкості [8].

Активно застосовувані нині системи екстреного гальмування (brake assist), які допомагають розвинути максимальне сповільнення під час швидкого, але недостатньо сильного натискання на педаль гальма, теж сприяють безпеці пішоходів.

### **1.3 Висновки по розділу**

Для підвищення пасивної безпеки транспортного засобу (як об'єкт дослідження обрано транспортний засіб категорії M1 Daewoo Lanos) потрібно розробити: подушку безпеки, що запобігає удару пішохода головою об лобове скло та стійки; травмобезпечний бампер; травмобезпечний капот; травмобезпечні крила кузова; пристрій розпізнавання моменту зіткнення транспортного засобу з пішоходом для активізації подушки безпеки.

## 2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 2.1 Загальні принципи встановлення можливості попередження наїзду на пішохода, що переміщається в поперечним напрямку за необмеженої видимості і оглядовості

Питання про технічну можливість уникнення наїзду на пішохода шляхом гальмування за необмеженої видимості та оглядовості можна вирішити шляхом:

- порівняння часу, необхідного водію для прийняття заходів для гальмування або зупинки ТЗ із часом руху пішохода до наїзду;
- порівняння зупинного шляху ТЗ із його віддаленням від місця наїзду в момент виникнення небезпечної обстановки.

Для того щоб вирішити питання про технічну можливість попередження наїзду на пішохода, необхідні наступні вихідні дані [11]:

- про видимість дороги, пішохода і інших об'єктів на ній під час пригоди;
- про тип покриття проїзної частини (грунтова, бруківка, гравійна, асфальто- або цементобетонна), її стан (суха, мокра, засніжена, покрита укатаним снігом, ожеледиця), поздовжній профіль (горизонтальний, спуск - підйом);
- про розміри проїзної частини, організацію руху ТЗ і пішоходів у місці події (одностороннє, двостороннє, наявність пішохідних переходів, відомості про дорожню розмітку, дорожні знаки, режим роботи світлофорів);
- про розташування місця наїзду по ширині проїзної частини відносно слідів гальмування, зафіксованих на проїзній частині, або інших об'єктів;
- про сліди гальмування, залишених на проїзній частині ТЗ, що здійснив наїзд (їх кількість, довжина, ширина, якими колесами залишені, характер слідів – суцільні, переривисті, їх розташування відносно нерухомих орієнтирів);
- про швидкість і характер руху ТЗ перед наїздом (юзом, із заносом, з

поворотом, кутом розвороту);

про дії водія перед наїздом (чи гальмував перед наїздом або після нього, гальмував до зупинки чи розгальмовував ТЗ);

про дії пішохода (напрямок і швидкість руху); шлях пішохода з моменту, коли водію слід було застосувати гальмування, до моменту наїзду.

## 2.2 Методика розрахунку наїзду на пішохода за постійної швидкості руху автомобіля

Наїзди за необмеженої видимості і оглядовості достатньо розповсюджені. Приблизно 60% всіх наїздів здійснюється в умовах, коли ніщо не заважало водію помітити на великій відстані пішохода і правильно оцінити його дії. Отже відсутні поважні причини, які б перешкоджали водію прийняти заходи безпеки.

На рис. 2.1 показана схема ДТП, в процесі якої автомобіль, що рухався з *постійною швидкістю*, збив пішохода *П* своєю передньою частиною (фронтальний наїзд); траєкторії руху автомобіля і пішохода – взаємо перпендикулярні. Положення автомобіля і пішохода в момент виникнення небезпечної ситуації позначено цифрою *I*, а положення автомобіля після зупинки – цифрою *II*. Оскільки водій перед наїздом не гальмував, то після зупинки автомобіль може займати на проїзній частині будь-яке положення.

З матеріалів справи експерт вибирає значення наступних параметрів: шляху пішохода з моменту виникнення небезпечної обстановки до наїзду  $S_n$ , м; швидкості  $v_a$  автомобіля і пішохода  $v_n$ , м/с; відстань  $l_y$ , м, яку пройшов пішохід по смузі руху автомобіля.

Відстань (м) від автомобіля до місця наїзду в момент виникнення небезпеки (віддаленість)

$$S_{від} = v_a S_n / v_n. \quad (2.1)$$

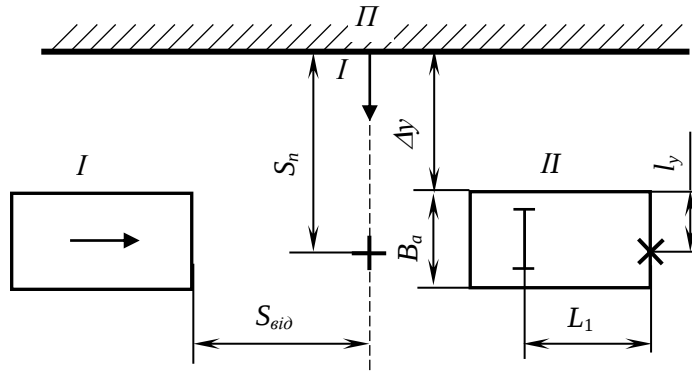


Рисунок 2.1 – Схема наїзду під час рівномірного руху автомобіля

Довжина зупинного шляху (м), якщо б водій застосував екстрене гальмування

$$S_z = T v_a + \frac{v_a^2}{2j}, \quad (2.2)$$

де  $T = t_1 + t_2 + 0,5t_3$ ,  $t_1$  – час реакції водія, с;  $t_2$  – час запізнювання гальмівного приводу, с;  $t_3$  – час наростання сповільнення, с;

$j$  – усталене сповільнення під час гальмування, м/с<sup>2</sup>.

Умова зупинки автомобіля до лінії переміщення пішохода у випадку своєчасного гальмування має вигляд:

$$S_z < S_{aid}. \quad (2.3)$$

За дотримання вказаної умови можна зробити висновок, що автомобіль у випадку своєчасного гальмування зупинився до лінії переміщення пішохода. Отже у водія була технічна можливість попередити наїзд. Якщо дана умова виконується, то подальші розрахунки припиняються. Якщо виявиться, що  $S_z \geq S_{aid}$ , то на перший погляд у водія не було можливості попередити наїзд, проте тут можливий випадок, за якого водій своєчасно загальмувавши, встиг би пропустити пішохода перед собою, отже є ймовірність попередження наїзду на пішохода. Розрахунки продовжують наступним чином.

Відстань (м), на яку перемістився б загальмований автомобіль після пересічення лінії прямування пішохода (якщо б водій діяв технічно правильно і

своєчасно загальмував)

$$S'_{nn} = S_z - S_{bid}. \quad (2.4)$$

Швидкість руху автомобіля (м/с) в момент пересічення ним лінії прямування пішохода за своєчасного гальмування

$$v'_n = \sqrt{2S'_{nn}j}. \quad (2.5)$$

Час руху автомобіля (с) з моменту виникнення небезпечної обстановки до пересічення лінії прямування пішохода за умови своєчасного гальмування

$$t'_{\partial n} = T + (v_a - v'_n)/j. \quad (2.6)$$

Переміщення пішохода (м) за час  $t'_{\partial n}$

$$S'_n = v_n t'_{\partial n}. \quad (2.7)$$

Умова безпечного переходу смуги руху автомобіля пішоходом

$$S'_n > (\Delta_y + B_a) + \Delta_b, \quad (2.8)$$

де  $\Delta_b$  – безпечний інтервал,  $\Delta_b = 0,005L_a v'_n$ ,  $L_a$  – довжина автомобіля, м;

$$\Delta_y = S_n - l_y.$$

Для вирішення головного питання про наявність або відсутність у водія технічної можливості попередити наїзд своєчасним гальмуванням попередньо порівнюють час руху пішохода в полі зору водія (перебування у небезпечній зоні) з сумарним часом, необхідним для початку гальмування  $T$ .

Якщо у результаті розрахунків буде встановлено, що час руху пішохода  $t_n \leq T$ , то можна прийти до висновку, що водій не мав у своєму розпорядженні технічних засобів, застосування яких дозволило попередити наїзд на пішохода. Навіть за своєчасного гальмування водію при  $t_n \leq T$  не вдалося б уникнути наїзду в силу малого часу, що був у його розпорядженні.

Подальші розрахунки при цьому не змінять зробленого висновку.

Якщо  $t_n > T$ , можна зробити висновок про те, що водій не використав всіх наявних у нього засобів для попередження ДТП, тобто діяв неправильно з технічної точки зору. Експерту необхідно провести наступні розрахунки.

Час (с) руху пішохода в полі зору водія

$$t_{en} = t_n = S_n / v_n = (\Delta_y + l_y) / v_n. \quad (2.9)$$

Умова неможливості початку гальмування

$$t_n \leq T. \quad (2.10)$$

Якщо ця умова виконана, подальші розрахунки недоречні. Проміжок часу між початковою і кульмінаційними фазами ДТП надто малий, щоб водій міг реалізувати рішення з попередження наїзду [11].

### **Висновки до розділу**

Встановлення наявності у водія технічної можливості попередження наїзду на пішохода шляхом гальмування за необмеженої видимості та оглядовості можна шляхом:

- порівняння часу, необхідного водію для прийняття заходів для гальмування або зупинки ТЗ із часом руху пішохода до наїзду;
- порівняння зупинного шляху ТЗ із його віддаленням від місця наїзду в момент виникнення небезпечної обстановки.

### 3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Подушка безпеки для пішохода

Пропонується подушка безпеки пішохода, що надувається у випадку наїзду автомобіля на пішохода перед вітровим склом автомобіля, а у складеному стані розміщена між вітровим склом та капотом автомобіля [17].

Конструкція подушки передбачає наявність оглядових вікон у вигляді прорізів, що дозволяють водію під час розкриття подушки частково бачити простір перед автомобілем. Зазначений пристрій забезпечує зменшення травмонебезпечності автомобіля під час наїзду на пішохода та швидке складання (здування) подушки безпеки після її розкриття у разі наїзду на пішохода, чим досягається покращення оглядовості з місця водія дорожньої обстановки, для запобігання подальшого розвитку аварійної ситуації (рис. 3.1).

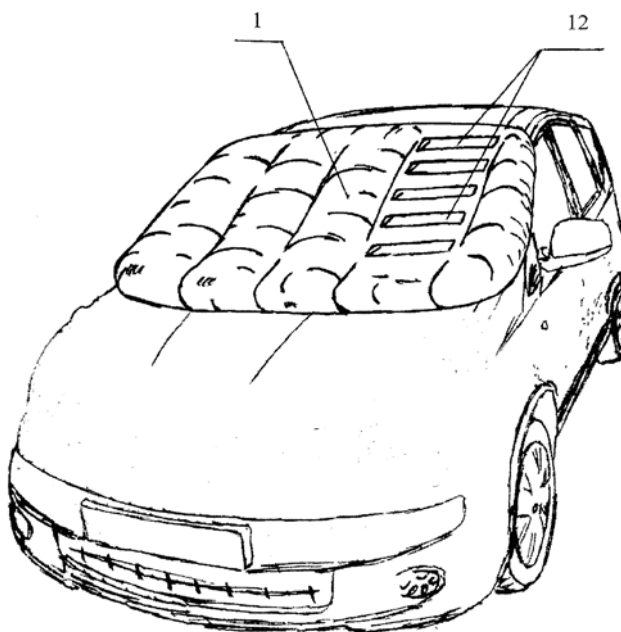


Рисунок 3.1 – Автомобіль з подушкою безпеки пішохода в розкритому стані

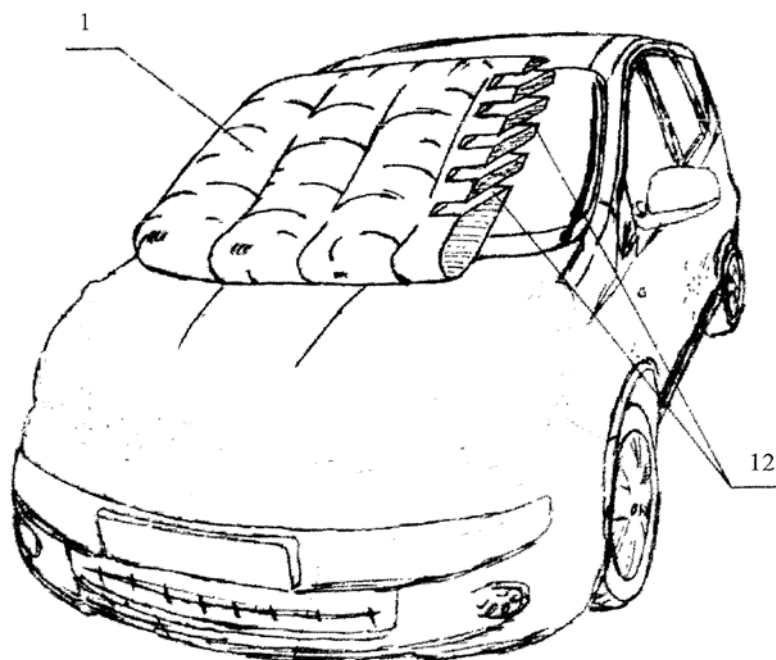


Рисунок 3.2 – Автомобіль з подушкою безпеки пішохода в розкритому стані, у розрізі

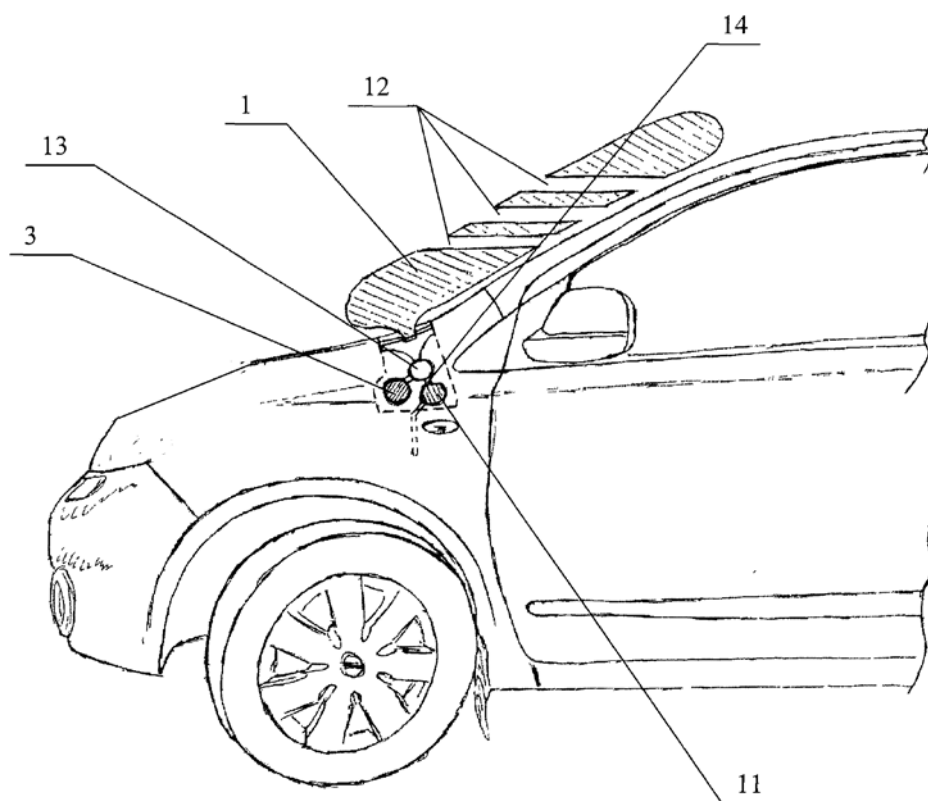


Рисунок 3.3 – Поперечний розріз подушки безпеки і вузла відведення газів з подушки безпеки

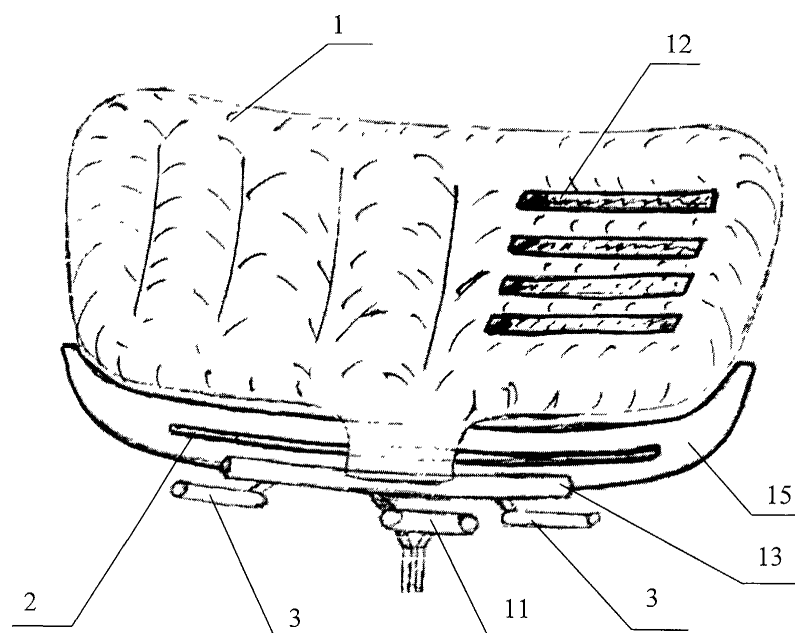


Рисунок 3.4 – Вид спереду подушки безпеки і вузла відведення газів з подушки безпеки

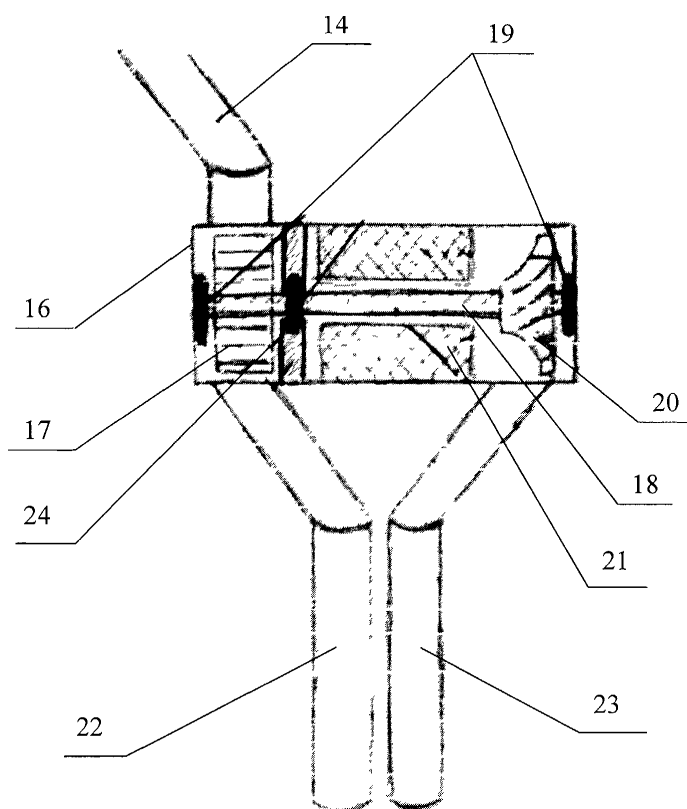


Рисунок 3.5 – Поздовжній розріз вузла відведення газів з подушки безпеки

Пристрій захисту пішохода у випадку наїзду на нього автомобіля скла-

дається з подушки безпеки 1, у складеному вигляді розміщеної під капотом автомобіля, яка виходить під час її розкриття через проріз 2 між капотом та вітровим склом автомобіля, піропатронів розкриття 3, під час спрацювання яких відбувається розгортання подушки безпеки 1 перед вітровим склом автомобіля, при цьому щітки склоочисника 4 займають вертикальне положення для запобігання пошкодження подушки безпеки 1 під час її розкриття. Пристрій має вузол 11 для швидкого відкачування газів з подушки безпеки 1.

Як показано на рис. 3.2, 3.3 та 3.4, у подушці безпеки 1 утворені оглядові вікна 12, виконані у вигляді прорізів, які під час розкриття подушки безпеки 1 дозволяють водію контролювати траєкторію руху автомобіля.

Як показано на рис. 3.5, вузол 11 для швидкого відкачування газів з подушки безпеки 1 розміщений під нішою 13 разом зі складеною подушкою безпеки 1, та з'єднаний з нею трубою 14 відведення порохових газів від подушки безпеки 1.

Проріз 2 для виходу подушки безпеки 1 під час її розкриття утворений в нижній рамці вітрового 15 скла автомобіля. Вузол 11 для швидкого відкачування газів з подушки безпеки 1 виконаний у вигляді двокамерного корпусу 16. Одна камера корпусу 16, з'єднана з нішою 13 патрубком 14 для забору газів з подушки безпеки 1, забезпечена крильчаткою компресора 17, що відкачує гази з подушки. В іншій камері корпусу 16 співвісно з крильчаткою компресора 17 на загальному валу 18 з підшипниками 19 встановлена крильчатка турбіни 20 з приводом від піропатрона відкачування 21. Камера з крильчаткою компресора 17 забезпечена патрубком 23 відведення газів від піропатрону відкачування 21 в атмосферу. Вал 18 забезпечений ущільненням 24, встановленим у перегородці між камерами корпусу 16.

Пристрій працює наступним чином.

Під час руху автомобіля блок управління 8 постійно проводить моніторинг за простором перед автомобілем стосовно присутності пішохода на траєкторії руху. Моніторинг здійснюється за допомогою відеокамери. Для ви-

значення відстані до пішохода блок 8 управління використовує ультразвукові датчики 5 (радары), встановлені в передньому бампері автомобіля.

Також за допомогою датчика швидкості 10 ведеться моніторинг швидкості, вона повинна бути не нижчою 25 км/год, при меншій швидкості спрацьовування подушки безпеки пішохода недоцільне з огляду на незначність травм за таких малих швидкостей. Датчик удару 9 потрібен для дублювання ультразвукових датчиків 5, щоб знизити можливість помилки та підвищити надійність пристрою. Під час зближення з пішоходом на швидкості вище зазначеної і у випадку скорочення дистанції до 5 - 15 метрів (залежно від швидкості руху), блок керування 8 подає сигнал на піропатрони 3 розкриття подушки безпеки 1.

Піропатрони 3 спрацьовують і наповнюють подушку безпеки 1 порохомими газами, подушка безпеки 1 виходить з-під капота автомобіля через проріз 2 на нижній рамці 15 вітрового скла, та займає простір перед вітровим склом автомобіля, закриваючи саме скло, стійки вітрового скла, а також задню частину капота автомобіля. У подушці безпеки 1 передбачені оглядові вікна 12 у вигляді прорізів, необхідні для спостереження за дорожньою ситуацією водієм автомобіля. Оглядові вікна 12 (4-6 штук) мають прямокутну форму і розташовані горизонтально на стороні водія.

Через 1-2 секунди після розкриття подушки безпеки 1, блок керування 8 подає сигнал на вузол 11 швидкого відкачування газів з подушки 1 для її складання, при цьому подушка безпеки 1 забирається до нижньої частини вітрового скла, це необхідно для відновлення повного огляду дорожньої обстановки водієм автомобіля, що знижує ризик розвитку аварійної ситуації.

Вузол 11 швидкого відкачування газів з подушки 1 працює за принципом турбіни, що встановлюється на двигун для нагнітання повітря в циліндри. Тут відбувається процес відкачування газів з подушки безпеки пішохода. Вузол має 11 корпус 16, розділений перегородкою на дві камери. В одній камері знаходиться крильчатка турбіни 20 (ведуча крильчатка) і піропатрон відкачу-

вання 21, в іншій камері, відокремленій від першою перегородкою з ущільненням 24, встановлена крильчатка компресора 17 (ведена), що відбирає гази через патрубок 14 з подушки 1 і відводить їх в атмосферу через патрубок 22. Обидві крильчатки жорстко з'єднані з валом 18. Піропатрон відкачування 21 спрацьовуючи, розкручує крильчатку турбіни 20, а разом з нею через вал 18 і ведену крильчатку компресора 17, таким чином, відбувається швидке відкачування газів з подушки безпеки пішохода. Гази від піропатрону відкачування 21 після турбіни 20 відводяться в атмосферу через патрубок 23.

### **3.2 Травмобезпечні крила кузова**

Крила пропонується кріпити до брызговиків моторного відсіку не безпосередньо, а через спеціальні деформівні стійки [18].

Стінки 76 одиничних осередків 72, що утворюють стільникову конструкцію пристрою 70 поглинання і можуть бути використані з горизонтальною сполучною стінкою 50 переднього крила 16 і горизонтальною частиною 38 перону 30. Відповідні кріпильні деталі, такі як гайки і болти, адгезив або їх комбінації можуть бути використані для нерухомого кріплення та з'єднання пристрою 70 поглинання енергії зі сполучною горизонтальною стінкою 50 переднього крила 16 і горизонтальною частиною 38 перону 30.

Кожна елементарна комірка 72 може приймати будь-яку кількість форм залежно від конструктивних міркувань, таких як пікове зусилля до початку деформації, а також кількість поглинання енергії під час деформації та відстань ходу. Комірки 72 можуть бути виконані з металу або пластику. Елементарна комірка 72 може приймати інші форми, крім шестикутника, такі як, наприклад, прямокутні, багатокутні, круглі, овальні і т.д.

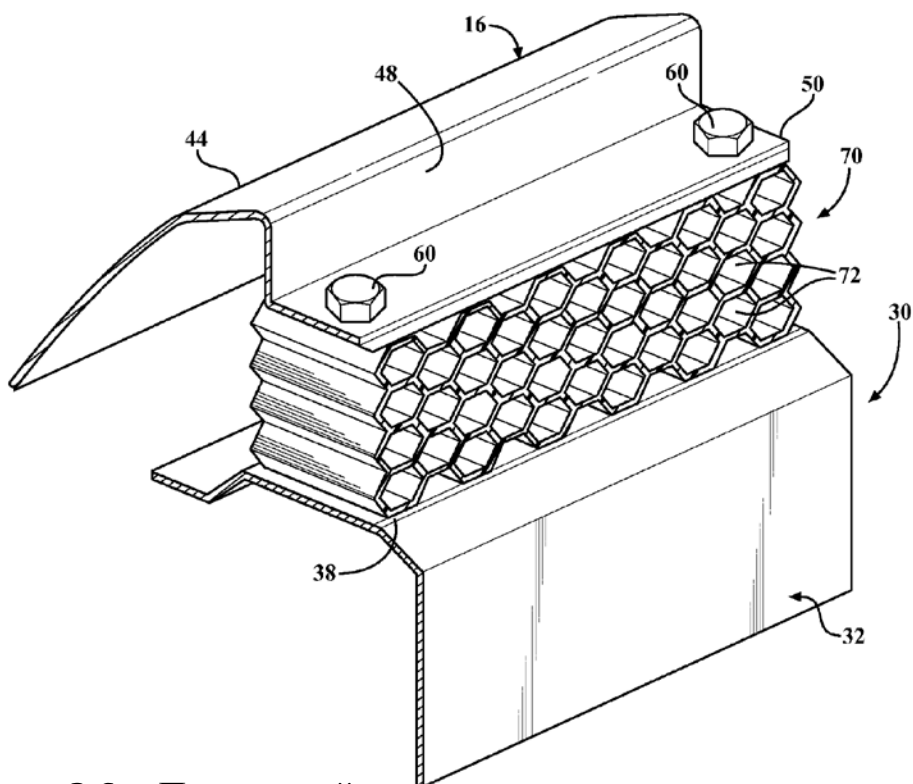


Рисунок 3.6 – Поперечний перетин пристрою поглинання енергії крила транспортного засобу

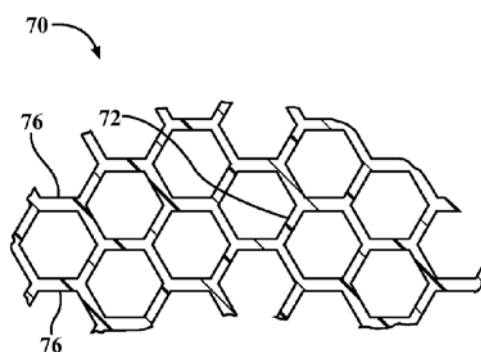


Рисунок 3.7 – Вид у поперечному розрізі структури комірки поглинання енергії

### 3.3 Травмобезпечний бампер

Пристрій 10 встановлений на балці бампера 13 транспортного засобу 11. Пристрій включає задню пластину 12, яка прикріплена до бампера балки 13. Множина двоплечих важелів (гойдалок) 14 прикріплена до передньої сторони поверхні пластини 12 горизонтальними рядами. Панель 16 виконана відносно тонкою, з легко деформованого пластмасового матеріалу [19] (рис. 3.8).

Кожен елемент важелів 14 прикріплений до задньої пластини 12 у точці повороту 18 і складається з першого 20 і другого важелів 22, що виступають у бічному напрямку назовні від опорної точки 18 та вперед від задньої панелі 12 (рис. 3.9). Важелі 20, 22 закінчуються контактними майданчиками 20а, 22а паралельно внутрішній поверхні лицьової панелі 16. Елементи 14 розташовані на задній панелі 12 у двох або більше горизонтальних рядах, розташованих у шаховому порядку один від одного в боковому або горизонтальному напрямку.

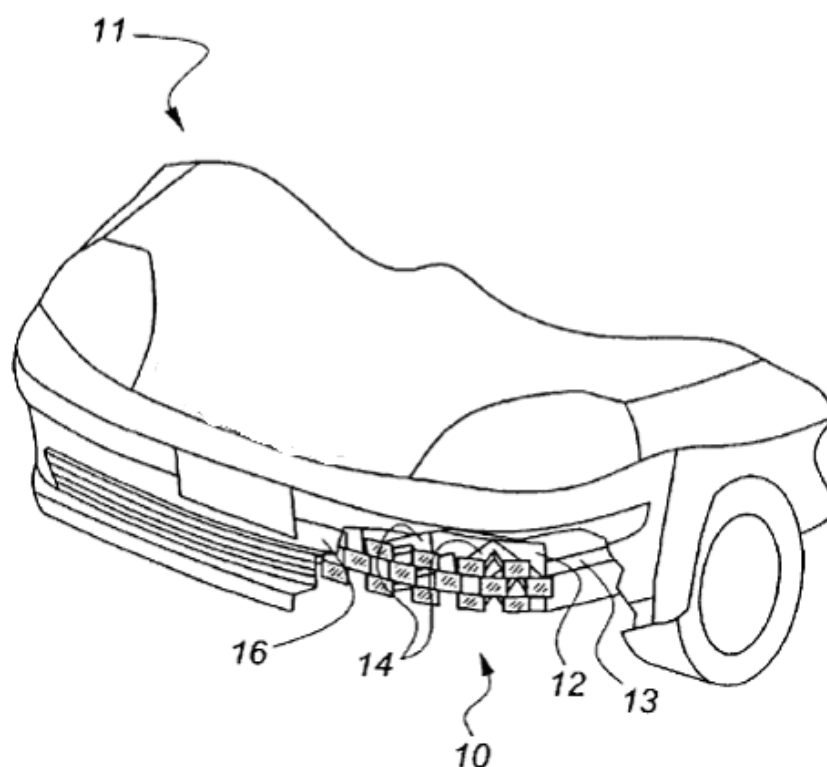


Рисунок 3.8 – Передня частина автомобіля з енергопоглинаючим пристроєм

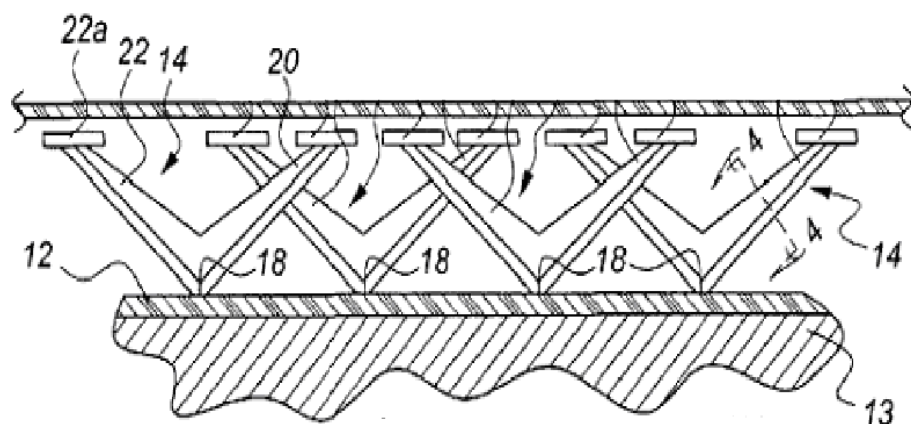


Рисунок 3.9 – Вид зверху енергопоглинаючого пристрою

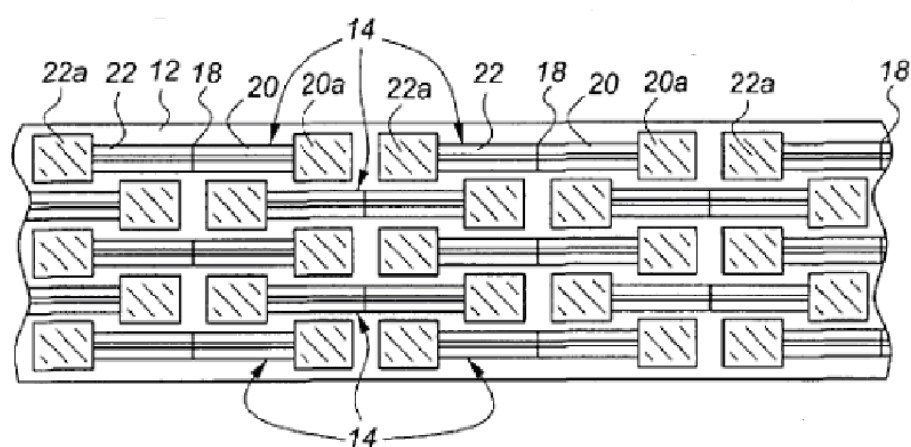


Рисунок 3.10 – Вид енергопоглинаючого пристрою збоку

Як видно на рис. 3.11 кожен важіль елемента 14 має Т-подібний поперечний переріз, що містить фланці 24 і 26. Всі елементи 14 мають однакові фізичні властивості, і можуть бути з різною геометрією для отримання бажаного ступеня та швидкості поглинання енергії.

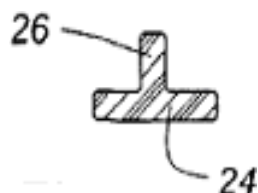


Рисунок 3.11 – Поперечний розріз елемента гойдання

Рисунки 3.12 та 3.13 зображують реакцію пристрою поглинання енергії на зіткнення з ногою пішохода 28. На більшості легкових автомобілів бампер

розташований на такій висоті, що під час зіткнення з пішоходом автомобіль має початковий контакт з однією або обома ногами пішохода.

Коли відбувається зіткнення, то нога 28 натискає на контактні майданчики 20а, 22а, в результаті чого гойдалки обертаються навколо своїх відповідних точок повороту 18.

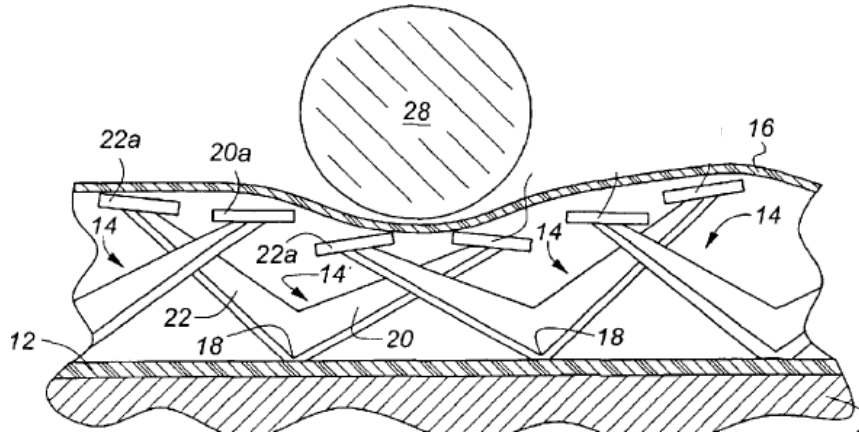


Рисунок 3.12 – Вид зверху пристрою під час удару в ногу пішохода

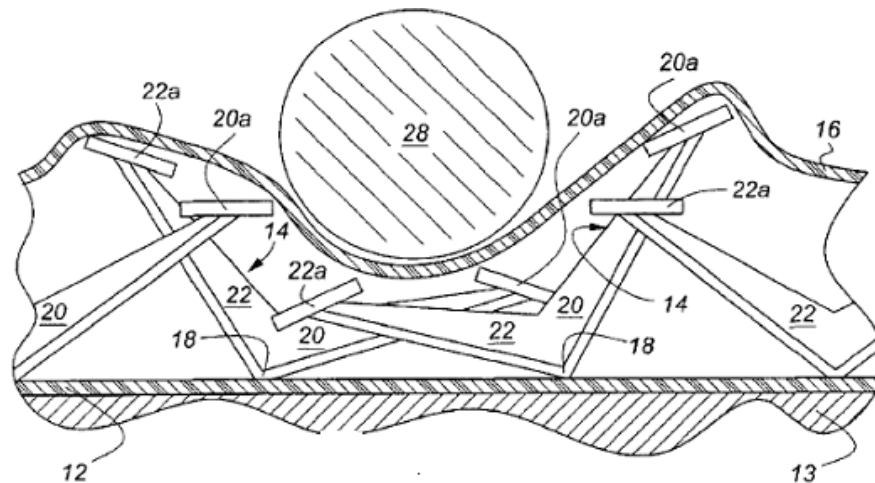


Рисунок 3.13 – Вид зверху пристрою після удару в ногу пішохода

Рисунки 3.14 та 3.15 зображують реакцію пристрою поглинання під час зіткнення з об'єктом 30, який значно ширший за людську ногу 28, наприклад, інший транспортний засіб або стаціонарний бар'єр. Як бачимо на рис. 3.16 під час сильного удару елементи 14 повністю руйнуються.

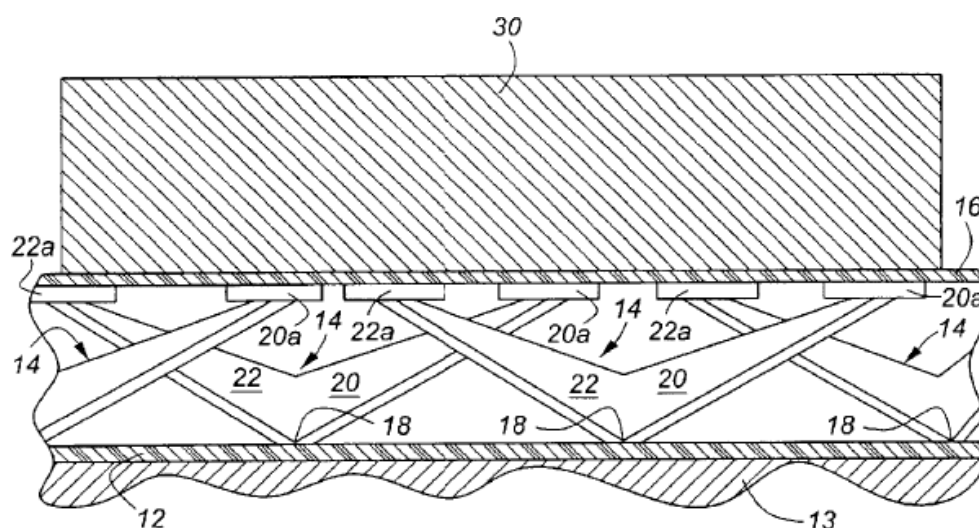


Рисунок 3.14 – Вид пристрою зверху в момент удару широкого об'єкта

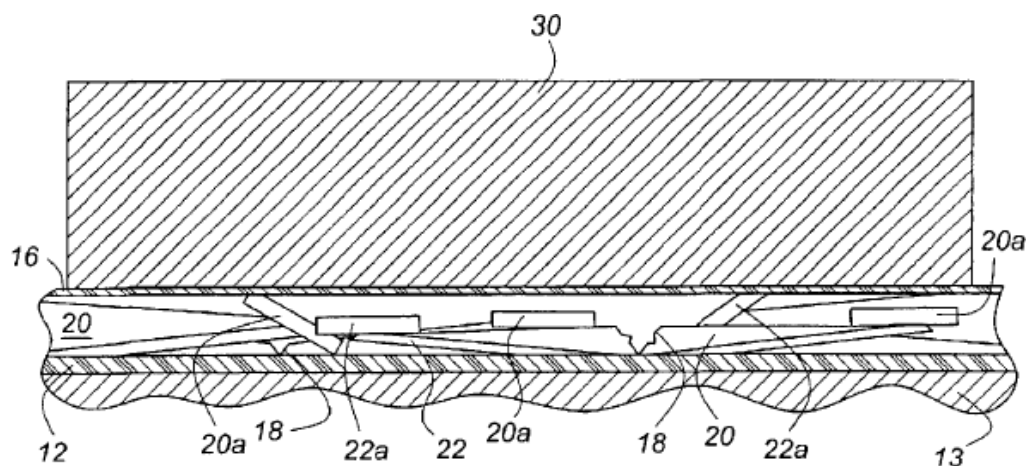


Рисунок 3.15 – Вид пристрою зверху після удару широкого об'єкта

Як показано на рис. 3.16, елементи 14 можуть бути поміщені в матрицю 32 з пінопласту або іншого матеріалу, що деформується. Матриця 32 збільшує кількість енергії, що може бути поглинена під час зіткнення.

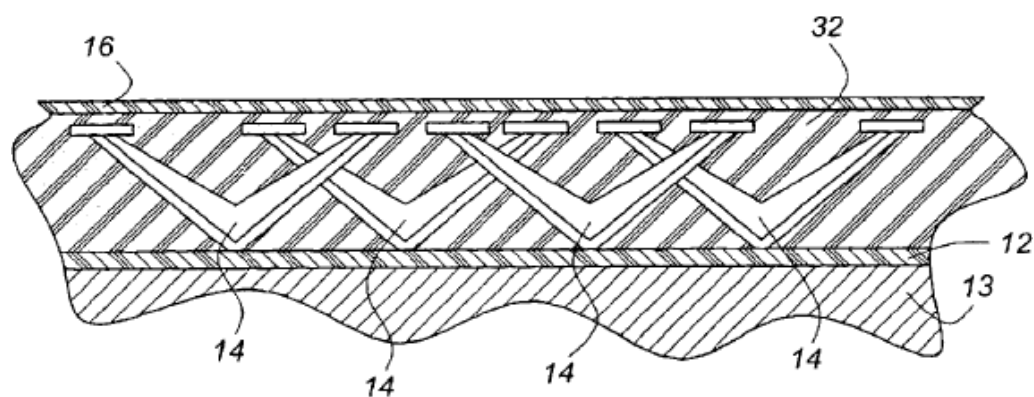


Рисунок 3.16 – Вид зверху пристрою з розташованим всередині матеріалом, що поглинає енергію удару

### 3.4 Травмобезпечний капот

Конструкція капота транспортного засобу включає зовнішню панель капота і внутрішню панель капота, в якій внутрішня панель капота виконана зі смоли, розташована у нижній стороні зовнішньої панелі капота, приєднана до зовнішньої панелі капота і містить множинні ребра і ослаблену частину. Множинні ребра виступають із загальної частини до сторони зовнішньої панелі капота і проходять вздовж загальної поверхні, і встановлені з інтервалами або у напрямку ширини капота, або в напрямку спереду та ззаду капота, а ослаблена частина сформована на ребрах і продовжується вздовж напрямку продовження ребер [20].

На рис. 3.17 показаний вигляд, що ілюструє внутрішню панель капота 16, яка формує внутрішню панель капота 12, накладену на конструкцію капота транспортного засобу, в якій зовнішній профіль зовнішньої панелі капота 14, що конфігурує зовнішню панель капота 12 ілюструється переривчастою лінією. Ковпак 12 конфігурує тіло, яке закриває камеру 10А силового агрегату передньої секції автомобіля 10 з верхньої сторони, так що камера 10А силового агрегату може відкриватися і закриватися. Жорсткий компонент 18, такий як силовий блок, встановлений усередині камери силового 10А блоку. Камера 10А блоку живлення також згадується як моторний відсік, коли силовий агрегат є двигуном. Шарніри (не показані на кресленнях) встановлені з обох сторін задньої частини капота 12, так що капот 12 здатний обертатися навколо шарнірів навколо осі вздовж напрямку ширини капота. Зовнішня панель 14 капота, ілюстрована переривчастою лінією з двома точками виконана з металу (наприклад, алюмінієвого сплаву) і проходить вздовж переднього та заднього напрямків транспортного засобу в закритому стані ковпака 12. Зовнішня панель 14 капота виконана з прямокутної пластини і, ледь зігнута капота з боку капота виконана з прямокутної пластини. Внутрішня панель капота 16 виконана з армованого волокном пластику (наприклад, з армованого вуг-

лецевим волокном пластмаси), розташована у нижній стороні капота зовнішньої панелі 14 капота і виконана із зовнішнім профілем таким же, як у зовнішньої панелі 14 капота.

Пластиковий матеріал армований волокнами, який формує внутрішню панель 16 ковпака, являє собою композиційний матеріал, утворений шляхом установки волокон (армуючих волокон) в смолі. Армовані волокном матеріали легші, ніж металеві матеріали, мають високу питому жорсткість і високу питому міцність. Незважаючи на високу жорсткість і низьку міцність, що є фізичними властивостями, необхідними з точки зору ефективності поглинання енергії під час зіткнення (щоб витримувати ударне навантаження протягом тривалого часу, отримуючи удар), можна сказати, що волокнисті пластичні матеріали мають низькі фізичні властивості. Зовнішня периферійна крайова частина внутрішньої панелі капота 16 і зовнішня периферійна крайова частина зовнішньої панелі капота 14 з'єднані разом за допомогою підшивки. Зовнішня панель 14 капота і внутрішня панель капота 16 відповідно утворюють замкнуту структуру поперечного перерізу. Як показано на рис. 3.18, зазор утворений у напрямку вгору-вниз капота між зовнішньою панеллю 14 капота і внутрішньою панеллю капота 16. Центроїд поперечного перерізу ковпака 12 позначений Z, а центральна лінія, що проходить через центроїд Z, щоб вказати центральне положення у напрямку вгору-вниз витяжки, позначається CL. Внутрішня панель 16 капота включає в себе загальну ділянку 20, в якій загальна поверхня 20А, яка звернена до зовнішньої панелі капота 14, являє собою верхню бічну сторону капота. Внутрішня панель 16 капота утворена з безліччю ребер 22, які виступають із загальної частини 20 в напрямку до зовнішньої панелі 14 капота і проходять уздовж загальної поверхні 20А в напрямку вперед-назад капота. Множинні ребра 22 встановлюються пліч-о-пліч з інтервалами поперек напрямку ширини капота. Товщина пластини ребер 22, наприклад, встановлена тонше, ніж товщина пластини загальної частини 20. Напрямні кінцеві ділянки 22Т напрямку ребер 22 напрямки виступів виконані з

вигнутими поверхнями, що утворюють напівкруглі виступи, мають діаметр пластини Вигнуті ділянки, утворені між бічними поверхнями 22А ребер 22 і загальною поверхнею 20А, переважно встановлюють з дуже щільним радіусом кривизни.

Як показано на рис. 3.19, подовжені отвори 24, у вигляді ослаблених ділянок щілинної форми, що проходять уздовж напрямку продовження ребер 22 (напрямок стрілки Х) є сформованими, проникаючи в ребра 22. Багато подовжених отворів 24 встановлюють поперек всього напрямку продовження ребер 22 (напрямок стрілки Х). Більш конкретно, безліч подовжених отворів 24 встановлюються з інтервалом в напрямку проектування ребер 22 (напрямок стрілки Y), і безліч подовжених отворів 24 встановлюються з інтервалами в подовженні ребер 22 (напрямок стрілки Х). Інтервали між множинними подовженими отворами 24, які утворюють ряди вздовж напрямку продовження ребер 22 (напрямок стрілки Х), встановлені таким чином, що інтервал L1 між верхніми бічними подовженими отворами 24U, як ослаблених верхньою частиною ділянок, встановлених щодо верхньої частини кожуха. Менше інтервалу L2 між нижніми бічними подовженими отворами 24D, що служать як ослаблені ділянки нижньої сторони, встановлені відносно нижньої сторони капота. Довжина напрямку подовження (ширина розкриття) кожного з подовжених отворів 24U верхньої сторони встановлена досить довше інтервалу L1 між верхніми бічними подовженими отворами 24U і довжиною напрямку продовження (ширини отвору) кожного з нижніх бічних подовжених отворів 24D також встановлюється досить нижніми бічними подовженими отворами 24D. Верхні бічні подовжені отвори 24U розташовані з рівномірними інтервалами у напрямку продовження ребер 22 (напрямок стрілки Х), а нижні бічні подовжені отвори 24D також розташовані з рівномірними інтервалами у напрямку розтягування ребер 22 (Напрямок стрілки Х). У цьому варіанті подовжені отвори 24 утворені за допомогою наступною обробки після формування ребер 22.

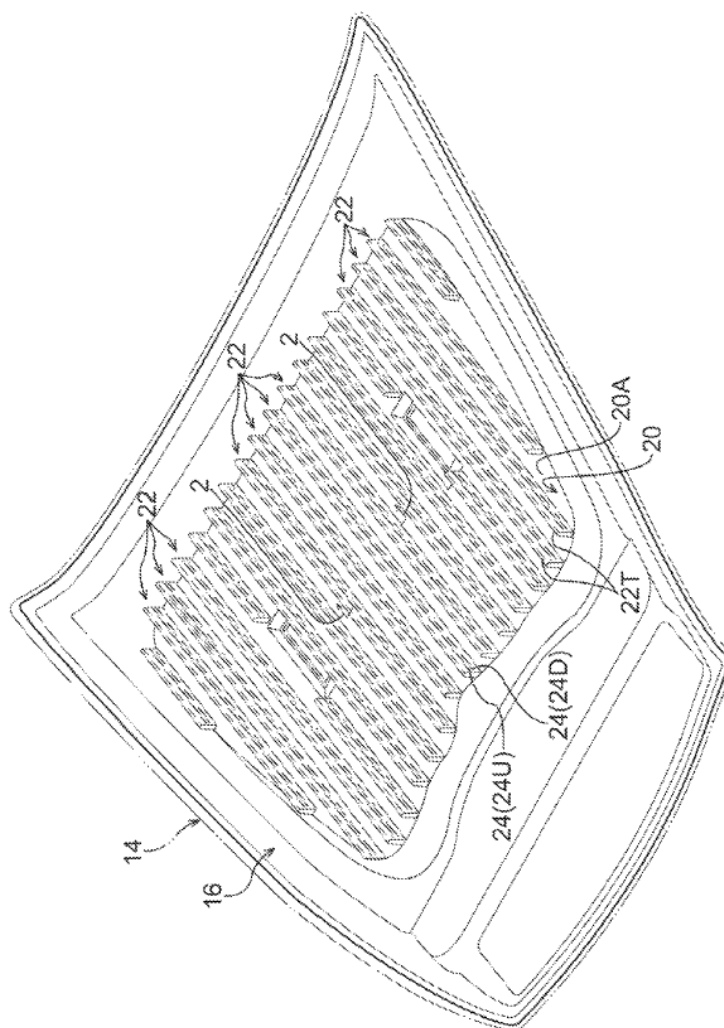


Рисунок 3.17 – Внутрішня панель капота

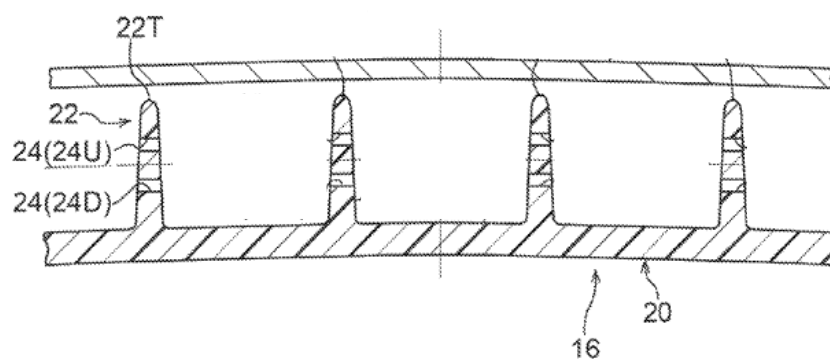


Рисунок 3.18 – Збільшене поперечне січення пристрою поглинання енергії

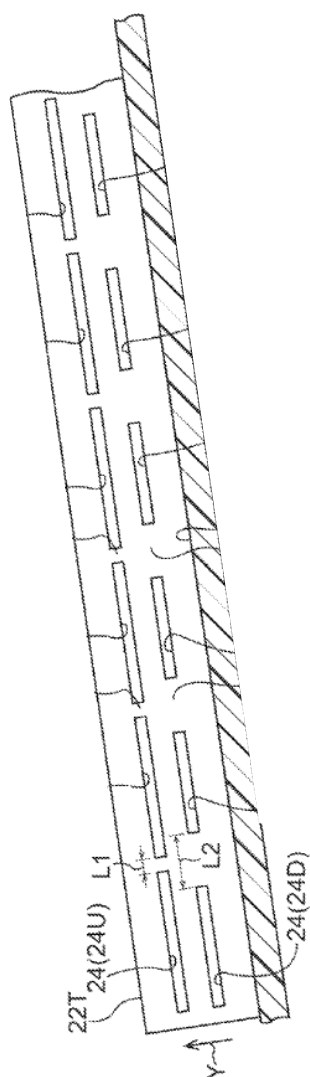
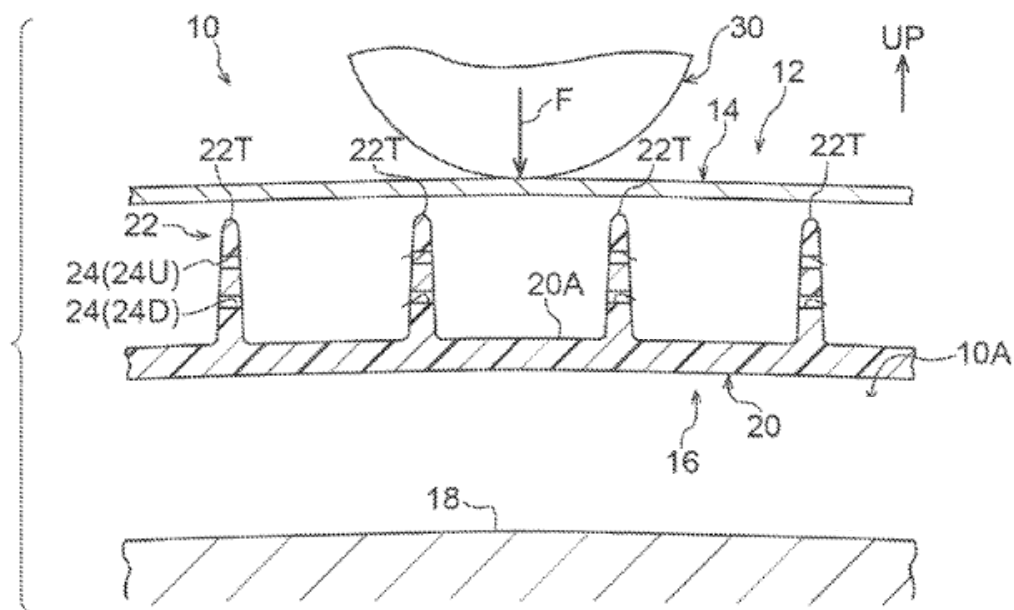


Рисунок 3.19 – Бокове поперечне січення пристрою поглинання енергії



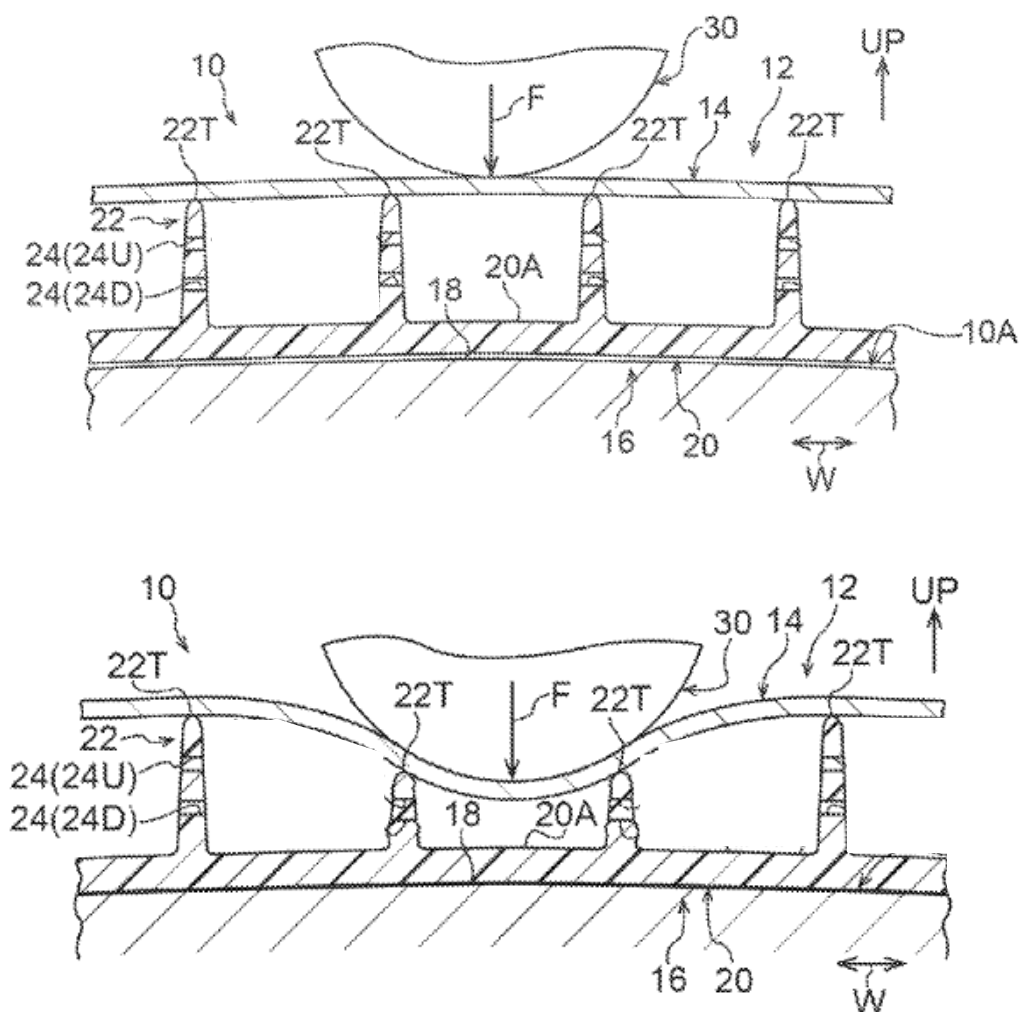


Рисунок 3.20 – Схема роботи пристрою поглинання енергії:

а) момент зіткнення тіла з капотом; б) спільний рух тіла і капоту; в) вертикальний поперечний переріз, що схематично ілюструє деформацію ребра, коли тіло зіткнулося з капотом

Таким чином, конструкція капота транспортного засобу здатна підвищити ефективність поглинання енергії під час зіткнення, досягається при цьому полегшення конструкції.

### 3.5 Пристрій розпізнавання наїзду транспортного засобу на пішохода для активізації подушки безпеки

Пропонується пристрій виявлення, який містить датчик удару. Після

виявлення удару спрацьовує подушка безпеки для пішохода.

Відмінною особливістю конструкції є встановлення лише одного датчика удару – датчика тиску. Конструкція бампера транспортного засобу включає каркас бампера, датчик виявлення зіткнення пішоходів з датчиком тиску і абсорбер, що утримує напірну трубку.

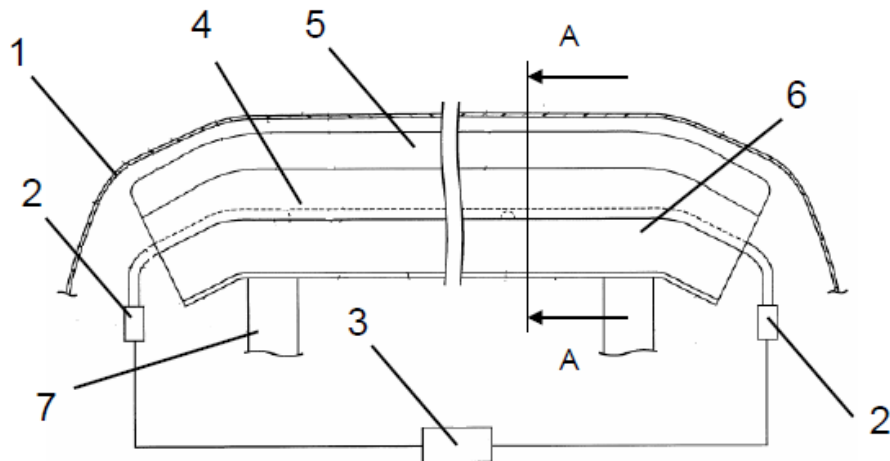
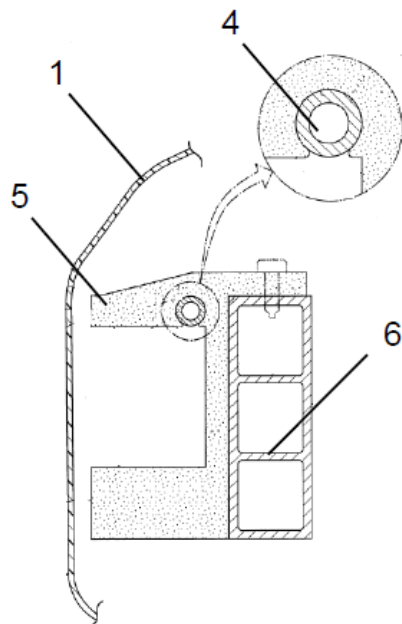


Рисунок 3.24 – Схематичний вигляд з частковим вирізом переднього бампера



1 – верхня оболонка бампера; 2 – датчик тиску; 3 – електронний блок управління, 4 - гумова трубка, 5 - поглинач енергії, 6 - поперечний брус, 7 – лонжерон

Рисунок 3.25 – Вид у поперечному перерізі датчика тиску і абсорбера

Пропонований пристрій містить датчики тиску, виконані у вигляді гумової трубки, наповненої повітрям і поглинач енергії удару, що також передає тиск від удару ноги пішохода на датчик тиску.

### **Висновки до розділу**

У випускній кваліфікаційній роботі розроблено пристрої для зниження тяжкості пошкоджень пішоходів під час наїзду транспортного засобу категорії M1:

- подушка безпеки для пішохода з оглядовими вікнами у вигляді прорізів, що дозволяють водієві під час розкриття подушки бачити частково простір перед автомобілем, що дозволяє зменшити травмонебезпечність автомобіля у випадку наїзду на пішохода і швидке складання (здування) подушки безпеки після її розкриття, чим досягається покращення огляду з місця водія дорожньої обстановки, для запобігання подальшого розвитку аварійної ситуації;
- травмобезпечний бампер з елементами хитання, що дозволяє знизити травми ніг пішохода;
- пристрій зниження ймовірності пошкодження пішохода під час зіткнення з транспортним засобом у випадку падіння пішохода на капот, що включає конструкцію енергопоглинаючого елемента капота;
- пристрій зниження ймовірності пошкодження пішохода під час зіткнення з транспортним засобом у випадку падіння пішохода на крило, що включає пристрій енергопоглинання;
- пристрій виявлення об'єкта, який містить пневматичний датчик удару. Пристрій дозволяє подати інформацію про зіткнення з пішоходом.

## 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

### 4.1 Оцінка впливу заходів з підвищення безпеки дорожнього руху на зниження числа дорожньо-транспортних пригод

Як вихідний показник, що характеризує очікувану зміну стану аварійності в результаті проведення заходів «до і після», використовується середня ймовірність зниження кількості ДТП на ділянці дороги ( $P_m$ ), виражена в частках одиниць. В табл. 4.1 наведені значення вказаного показника для різних заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху. Значення показника очікуваного загального зниження кількості пригод встановлені на основі узагальнення результатів досліджень [2]. Оцінка ймовірності зниження числа ДТП з постраждалими в результаті реалізації заходів виконана автором на основі інформації, що міститься у масиві даних. Під час визначення окремих значень показників враховані результати закордонних досліджень у відповідних дорожніх умовах. Говорячи про різні критерії оцінки ефективності заходів безпеки дорожнього руху, мається на увазі не скільки їх економічна сутність, яка переважно для будь-яких інвестиційних проектів достатньо строго визначена в офіційних методичних рекомендаціях стосовно оцінки їх ефективності, скільки методи розрахунку окремих складових цих критеріїв [4].

Таблиця 4.1 – Перелік заходів з підвищення безпеки

| №з/п | Заходи з підвищення безпеки руху стосовно елементів і характерник ділянок дороги | Зменшення числа ДТП в частках одиниці |                   |
|------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
|      |                                                                                  | Загального числа ДТП                  | ДТП з потерпілими |
| 1    | 2                                                                                | 3                                     | 4                 |
| 1    | Криві у плані                                                                    |                                       |                   |
| 1.1  | Збільшення радіуса кривої у плані до нормативних значень                         | 0,67                                  | 0,63              |

Продовження табл. 4.1

| 1   | 2                                                                                | 3    | 4    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| 1.2 | Влаштування віражів з розширенням проїзної частини                               | 0,36 | 0,27 |
| 1.3 | Покращення оглядовості на кривих у плані                                         | 0,22 | 0,65 |
| 1.4 | Встановлення або оновлення попереджувальних знаків                               | 0,52 | 0,40 |
| 2   | Ділянки підйомів і спусків                                                       |      |      |
| 2.1 | Облаштування додаткової смуги руху                                               | 0,45 | 0,25 |
| 2.2 | Нанесення розділової лінії на випуклих кривих у повздовжньому профілі            | 0,55 | 0,62 |
| 3   | Поперечний профіль                                                               |      |      |
| 3.1 | Розширення проїзної частини                                                      | 0,33 | 0,25 |
| 3.2 | Збільшення кількості смуг руху                                                   | 0,12 | 0,20 |
| 3.3 | Доведення геометричних параметрів і поперечного ухилу узбіч до нормативних вимог | 0,31 | 0,37 |
| 4   | Перетини і примикання                                                            |      |      |
| 4.1 | Каналізування руху                                                               | 0,50 | 0,30 |
| 4.2 | Облаштування осьової і крайової розмітки                                         | 0,20 | 0,27 |
| 4.3 | Облаштування перехідно-швидкісних смуг                                           | 0,24 | 0,13 |
| 4.4 | Встановлення попереджувальних знаків                                             | 0,37 | 0,60 |
| 4.5 | Введення кільцевого руху на перетинах                                            | 0,49 | 0,33 |
| 4.6 | Введення світлофорного регулювання                                               | 0,52 | 0,40 |
| 4.7 | Будівництво перетинів на різних рівнях                                           | 0,96 | 0,40 |
| 5   | Придорожні елементи                                                              |      |      |
| 5.1 | Облаштування місць для відпочинку                                                | 0,24 | 0,21 |
| 5.2 | Облаштування автобусних зупинок заїзними кишенями і посадковими платформами      | 0,24 | 0,31 |
| 6   | Інженерне обладнання                                                             |      |      |

Продовження табл. 4.1

| 1   | 2                                                             | 3    | 4    |
|-----|---------------------------------------------------------------|------|------|
| 6.1 | Встановлення знака «Обмеження швидкості руху»                 | 0,50 | 0,20 |
| 6.2 | Встановлення дорожнього знака «Дати дорогу»                   | 0,07 | 0,05 |
| 6.3 | Облаштування електричного освітлення                          | 0,26 | 0,25 |
| 6.4 | Збільшення ширини мостів                                      | 0,37 | 0,30 |
| 6.5 | Будівництво об'їзних доріг населених пунктів                  | 0,80 | 0,25 |
| 6.6 | Встановлення автоматичних шлагбаумів на залізничних переїздах | 0,84 | 0,70 |
| 7   | Ділянки доріг в межах населеного пункту                       |      |      |
| 7.1 | Збільшення ширини проїзної частини з 7,5 до 9,0 м             | 0,36 | 0,34 |
| 7.2 | Облаштування тротуарів, пішохідних доріжок                    | 0,30 | 0,23 |
| 7.3 | Позначення наземного пішохідного переходу знаками, розміткою  | 0,33 | 0,10 |
| 7.4 | Облаштування велодоріжок                                      | 0,11 | 0,15 |
| 7.5 | Світлофорне регулювання пішохідного руху                      | 0,21 | 0,10 |
| 7.6 | Встановлення пішохідних огорож                                | 0,20 | 0,27 |
| 8   | Покриття проїзної частини                                     |      |      |
| 8.1 | Створення шорсткої поверхні покриття                          | 0,24 | 0,32 |
| 8.2 | Підвищення рівності дорожнього покриття                       | 0,18 | 0,24 |
| 8.3 | Відновлення покриття (вкладання нового дорожнього покриття)   | 0,44 | 0,59 |
| 8.4 | Ямковий ремонт дорожнього покриття                            | 0,17 | 0,22 |
| 8.5 | Укріплення узбіччя на всю ширину                              | 0,31 | 0,46 |
| 8.6 | Усунення з узбіччя щогл освітлення                            | 0,11 | 0,18 |
| 8.7 | Усунення з узбіч дерев, стовбурів                             | 0,18 | 0,28 |

Проведена оцінка впливу заходів з підвищення безпеки дорожнього руху на зниження числа дорожньо-транспортних пригод на основі ймовірнісного показника.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою випускної кваліфікаційної роботи є аналіз сучасних конструкцій та розробка конструктивних рішень, спрямованих на підвищення зовнішньої пасивної безпеки легкового автомобіля Daewoo Lanos.

Наведена методика розрахунку наїзду автомобіля на пішохода за необмеженої видимості і оглядовості. Встановлено чинники, що впливають на наявність у водія технічної можливості попередження наїзду застосуванням екстреного гальмування.

Результатом випускної кваліфікаційної роботи є пропоновані пристрої: подушка безпеки для пішохода з оглядовими вікнами у вигляді прорізів, що дозволяють водієві під час розкриття подушки бачити частково простір перед автомобілем, дозволяючи зменшити травмонебезпечність автомобіля у випадку наїзду на пішохода і швидке складання (здування) подушки безпеки після її розкриття, чим досягається покращення огляду з місця водія дорожньої обстановки, для запобігання подальшого розвитку аварійної ситуації; травмобезпечний бампер з елементами хитання, що дозволяє знизити травми ніг пішохода; пристрій зниження ймовірності пошкодження пішохода під час зіткнення з транспортним засобом у випадку падіння пішохода на капот, що включає розроблений енергопоглинаючий капот; пристрій для виявлення об'єкта, який містить пневматичний датчик удару. Пристрій дозволяє отримати інформацію про момент зіткнення з пішоходом.

Проведена оцінка впливу заходів з підвищення безпеки дорожнього руху на зниження числа дорожньо-транспортних пригод на основі ймовірнісного показника.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блезнюк О. В., Шовчко Є. О. Інновації в системі безпеки автомобіля. *Молодь і технічний прогрес в АПВ*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 листопада 2024 р.; Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024. С. 38-41.
2. Богомолова О. А., Шелест В. В., Кондрашова І. Ю. Автомобільна безпека дорожнього руху: навчальний посібник. Київ: НАУ, 2018. 222 с.
3. Герасимюк О.В., Бурлака О.В. Акти забезпечення безпеки дорожнього руху. Збірник наукових праць: Національної академії державної прикордонної служби України серія: військові та технічні науки. 2013. №1(59). С 248-255.
4. Головань М. О. Реалізація ресурсу і безпеки транспортних засобів на стадіях виготовлення, експлуатації та після ремонту. *Нові технології*. 2012. С. 85–92.
5. Дерібан В. О., Ігнатович М. С., Левчук М. І. Безпека дорожнього руху. Аварійність на дорогах. Київ: УкрДПІ, 2018. 236 с.
6. Досвід країн Європи щодо управління безпекою дорожнього руху – URL: <http://www.pishohid.org.ua/news/dosvid-krayin-yevropy-shchodo-upravlinnya-bezpekoyudorozhnogo-ruhu>. (Дата звернення 20.04.2025 р.)
7. Жаров К. С. Технічне регулювання у сфері транспортних засобів. *Наукове забезпечення розвитку автомобільного транспорту та його інтеграції до європейської транспортної системи* : збірка матеріалів науково-практичної конференції. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2020. С. 29–32.
8. Кір'янов О. Ф., Мороз М. М. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навч. посіб. Кременчук, Кременчуцький національний університет ім. М.Остроградського, 2013. 300 с.
9. Коростельов М.В., Гнатов А.В. Дослідження активних систем безпеки для автотранспортних засобів. *Автомобільний транспорт*. 2020. Вип. 46. С.40-46.
10. Кузов автомобіля. Активна і пасивна безпека. Автоцентр. 2020. URL: <http://avtocentr.sumy.ua/kuzov-avtomobilya-aktyvna-i-pasyvna-bezpeka/>. (дата

звернення 15 квітня 2025 р.)

11. Миронюк О.С., Паславський Р.І., Шатковський А.Ю. Автотехнічна експертиза транспортних пригод : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Львів: Манускрипт, 2023. 62 с.

12. Роговський І. Методичні засади визначення пасивної безпеки кузовних конструкцій колісних транспортних засобів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*, №25. 2021. С. 189–198.

13. Системи активної і пасивної безпеки автомобіля. URL: <https://avtogid.co.ua/eksplyatazia/1260-bezpeka-avtomobila.html> (дата звернення 20 квітня 2025 р.)

14. Сукач О. М., Миронюк О. С., Паславський Р. І., Шевчук В. В. Методичні рекомендації для виконання кваліфікаційних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Львів: ЛНУП, 2023. 50 с.

15. Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1360-2020-%D1%80#Text> (Дата звернення 24 квітня 2025 р.)

16. Wei-gao O. Status and development about automobile passive safety research. *Auto Mobile Science & Technology*. T.4. 2008. P. 23-28.

17. Pedestrian protection airbag: pat. US20130200603A1: Int. CI. B60R21/36. 2013.

18. Energy absorbing device and methods of making and using the same: pat. EP2635461B1: Int. CI. B62D21/15. 2011.

19. Pedestrian leg protection structure: pat. JP2019172101A: Int. CI. B60R21/34. 2019.

20. Vehicle hood structure: pat. US9027987B2: Int. CI. B62D25/12. May 12, 2015.