

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**О. М. Артюх, О. В. Дударенко
В. В. Кузьмін, А. Ю. Сосик
А. В. Щербина**

АВТОМОБІЛЬНІ КУЗОВИ

ЧАСТИНА 1

Навчальний посібник

УДК 629.33.023(075.8)

А 22

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Національний університет «Запорізька політехніка»
(Протокол № 5 від 31.01.2022 р.)*

Рецензенти:

Братішко В. В. – д.т.н., с.н.с., декан Механіко-технологічного факультету «Національного університету біоресурсів і природокористування України» (м. Київ).

Мілько Д. О. – д.т.н., професор кафедри «Машиновикористання в землеробстві» Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Таран І. О. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Управління на транспорті» ТУ «Дніпровська політехніка».

А 22 Автомобільні кузови. Частина 1 : навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 292 с.

ISBN 978-617-529-353-9

Навчальний посібник призначений для вивчення студентами основних експлуатаційно-технічних якостей автомобільного кузова, його ролі в автомобілебудуванні; дослідження методів проектування автомобільного кузова; компонування основних його елементів; методів побудови поверхні й методів розрахунків елементів кузова. Даний навчальний посібник також можна вважати введенням у теорію конструкції автомобілів, оскільки він дозволяє одержати загальну уяву про аналітичні методи, широко використовувані в різних публікаціях технічних журналів, збірників доповідей різних конференцій і в повідомленнях машинобудівних науково-дослідних організацій і конструкторських бюро, технології й способах виготовлення кузовів автомобілів. Посібник призначений для студентів які навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

УДК 629.33.023(075.8)

ISBN 978-617-529-353-9

© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2022
© Артюх О. М., Дударенко О. В.,
Кузьмін В. В., Сосик А. Ю.,
Щербина А. В., 2022

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Історія автомобільного кузовобудування	12
1.1 Кузовобудування за кордоном	13
1.2 Професійне становлення конструктора кузова	22
1.3 Аналіз розвитку конструкції корпусу кузова	28
2 Загальні відомості про кузови	33
2.1 Особливості кузова як агрегату автомобіля	34
3 Значення кузова	37
3.1 Організм людини	37
3.2 Кузов – автомобіль	38
3.2.1 Залежність між масою кузова і витратою палива	39
3.2.2 Залежність між масою автомобіля та розмірами кузова	41
3.3 Кузов – автомобільна промисловість	42
3.3.1 Заводи легкових автомобілів	43
3.3.2 Автобусні заводи	44
3.4 Заводи вантажівок	45
3.5 Загальне значення	46
3.6 Кузов – система перевезень	46
4 Класифікація кузовів	50
4.1 Класифікація за формою	50
4.2 Класифікація за призначенням	52
4.3 Класифікація за технічними даними	55
4.4 Програмування та класифікація	57
4.5 Несучі та напівнесучі кузови	58
4.6 Кузови легкових автомобілів	61
4.7 Кузови вантажопасажирських автомобілів	62
4.8 Автобусні кузови	62
4.9 Кузова вантажних спеціалізованих автомобілів	68
4.9.1 Фургони	71
4.9.2 Вантажні автомобілі з відкритою вантажною платформою	74
4.10 Причепи	74
4.11 Напівпричепи	76
4.12 Контейнери	76

4.13	Загальні зауваження	77
5	Конструкційні матеріали в кузовобудуванні	80
5.1	Листова сталь	82
5.2	Легкі метали і сплави	83
5.3	Використання легких сплавів	84
5.3.1	Алюмінієві сплави	86
5.4	Пластмаси	87
5.4.1	Матеріали елементів кузова.....	89
5.4.2	Матеріали для корпусів кузовів.....	91
5.4.3	Властивості пластмас.....	92
5.4.4	Приклад застосування пластмас у кузовобудуванні	94
5.5	Ізолювальні матеріали.....	97
5.6	Лакофарбові матеріали.....	98
5.7	Скло	99
5.8	Гума	100
5.9	Тканини	101
5.10	В'язучі та герметизуючі матеріали.....	101
5.11	Деревні матеріали.....	105
5.11.1	Фанера	106
5.12	Синтетичні матеріали.....	106
5.12.1	Характеристика шаруватих матеріалів.....	108
5.12.2	Способи виготовлення ламінатів.....	116
5.13	Види з'єднань	118
5.13.1	Клеї	122
6	Загальні відомості по конструкції корпусу кузова	123
6.1	Вимоги до конструкції кузова.....	123
6.2	Класифікація конструкцій корпусів автотранспортних засобів	124
6.3	Про розрахунки та випробування кузова на міцність і жорсткість.....	127
6.4	Робота та силова схема несучого кузова легкового автомобіля	130
6.5	Робота та силова схема кабіни	137

7	Технологічні аспекти проектування кузовів	147
7.1	Кузова із застосуванням неметалічних матеріалів (облицювання з пластмаси).....	150
7.2	Розробка поверхні підлоги та колісних кожухів	155
7.3	Планування кузова автобуса	157
7.4	Планування кузова вантажного автомобіля	159
7.4.1	Кабіна водія	159
7.5	Бортові платформи	160
7.6	Фургони та самоскиди.....	162
7.7	Облік вимог при проектуванні автомобіля.....	163
7.7.1	Міжнародні ринки.....	164
7.7.2	Сучасні вимоги пасажирів та водія	165
7.7.3	Експлуатаційні вимоги.....	166
7.7.4	Технологічні вимоги	167
7.7.5	Вимоги, що обумовлюються агрегатами та вузлами автомобіля	167
7.7.6	Питання проектування	167
7.7.7	Питання розрахунку.....	169
8	Проектування конструкцій з обліком технологічних вимог	171
8.1	Проблеми штампування та зварювання.....	171
8.1.1	Конструкція окремих деталей.....	171
8.1.2	З'єднання металевих деталей (зварювання, паяння, склеювання)	172
8.1.3	Складання зварних конструкцій	174
8.2	Антикорозійний захист кузова, забарвлення.....	175
8.3	Розрахунок вкладу у вартість виробу окремих складових.....	178
8.4	Проектування технології штампування.....	179
8.5	Проектування точкових зварних з'єднань.....	182
9	Основні розміри кузова	184
9.1	Норми.....	184
9.1.1	Габаритні розміри кузова.....	184
9.1.2	Вага та її розподіл по осях	185
9.1.3	Форма кузова.....	186
9.1.4	Тенденції розвитку норм безпеки	187

10	Аеродинаміка автомобіля	189
10.1	Аеродинамічне оформлення кузова	190
10.1.1	Обмеження, що накладаються на конфігурацію конструкції	193
10.1.2	Оформлення передньої частини автомобіля	193
10.1.3	Бічні поверхні	194
10.1.4	Задня частина автомобіля	194
10.1.5	Отвори для охолодження та вентиляції, днище автомобіля	196
10.1.6	Центр аеродинамічного тиску, стійкість до впливу бокового вітру, підйомна сила	196
10.2	Опір повітря	197
10.2.1	Аеродинамічна стійкість	204
10.3	Аеродинамічно досконала форма кузова	206
10.4	Спойлери	213
10.5	Розподіл тиску для кузова вагонної компоновки	218
10.6	Аеродинаміка внутрішньої частини кузова	222
11	Безпека кузова автомобіля	227
11.1	Навантаження при зіткненні	228
11.1.1	Кінетична енергія	228
11.1.2	Величина сил	230
11.2	Активна безпека	232
11.3	Пасивна безпека	232
11.3.1	Причини поранення водія та пасажирів	232
11.3.2	Ремені безпеки	233
11.3.3	Градація жорсткості кузова	234
11.3.4	Елементи інтер'єру кузова	235
11.3.5	Буфери	237
11.4	Безпека за нещасного випадку	237
11.5	Проблема кузовів вагонного компонування	238
11.6	Вплив вимог безпеки транспортного засобу на масу транспортного засобу	238
12	Загальний характер проектування конструкції кузова автомобіля	241
12.1	Загальні відомості про компонування кузова	241
12.2	Елементи конструкції	243
12.3	Переміщення як розрахунковий критерій	245
12.4	Класифікація конструкцій кузовів автомобілів	246

12.5	Методи проектування кузова	248
12.6	Схема процесу створення кузова	248
12.7	Системи проектування	249
12.7.1	Послідовна система.....	249
12.7.2	Комплексна система.....	250
12.8	Вплив серійності на проектування	251
12.9	Кузовні проектні бюро	252
13	Технічна розробка кузова	253
13.1	Організація роботи	253
13.2	Виконання креслень	255
13.3	Ваговий аналіз кузова	257
13.4	Автоматизація проектування кузова.....	260
13.4.1	Форми кузова	262
13.4.2	Технологічне обладнання	262
14	Геометрія поверхні кузова.....	264
14.1	Типи поверхонь кузова.....	264
14.1.1	Плоскі поверхні	264
14.1.2	Лінійчасті поверхні	265
14.1.3	Вигнуті поверхні	266
14.2	Залежності між кривими	266
14.3	Побудова поверхонь.....	267
14.3.1	Вихідна крива.....	267
14.3.2	Області поверхонь.....	268
14.4	Модельний метод побудови поверхні	268
14.5	Графічні методи побудови криволінійної поверхні	270
14.5.1	Метод послідовних наближень.....	270
14.5.2	Метод пропорційних кривих	271
14.6	Аналітичні методи побудови поверхонь	272
14.6.1	Математичний опис поверхні	272
14.6.2	Обчислювальна техніка для математичного опису.....	272
14.6.3	Роль конструктора.....	273
15	Технологія виготовлення кузова	274
15.1.1	Вказівки щодо виготовлення листових деталей.....	274
15.1.2	Вказівки щодо проведення операцій складання.....	276
15.1.3	Вказівки щодо покриттів корпусу	278

15.1.4	Вказівки щодо обробки кузова	279
15.2	Виготовлення кузовів зі склопластиків	279
15.2.1	Втома склопластиків	282
15.2.2	Конструкції, що виготовляються з тришарових панелей	283
	Література	286

ВСТУП

Визначення кузова що існувало досі, яке характеризує його як приміщення для водія, пасажирів і вантажу, що відповідає певним вимогам, занадто технічно і по суті своїй давно вже недостатньо. Удосконалення засобів транспорту, а також потреб людини та навколишнього середовища призводить до необхідності розглядати кузов з урахуванням інших, нетехнічних галузей знань.

У жодному іншому промисловому виробі не виступають настільки тісно пов'язані і такі різні дисципліни, як технологія виробництва, механіка корпусу, ергономіка та інтер'єр, архітектура форми, психологія споживача, технологія перевезень, економіка, збут тощо.

Сучасний кузов як найбільш помітна частина автомобіля, що використовується, є одним з істотних елементів нашого життя. З цього погляду правильніше визначити кузов як прийнятну форму для переміщення людей, вантажу чи засобів обслуговування.

Донедавна випускники автомеханічних вузів та технічних училищ, які приходили працювати на автомобілебудівні підприємства, були підготовлені як фахівці-механіки, які пройшли навчання головним чином з таких дисциплін, як термодинаміка, теорія машин та механізмів, гідравліка, математика, механіка та опір матеріалів.

Викладання теорії конструкцій кузовів було характерно переважно для авіабудівних, кораблебудівних та інженерно-будівельних (конструкторських) факультетів.

У автомобільній промисловості є кілька тенденцій, що зумовлюють висування на передній план питань проектування конструкції кузова. Ці тенденції підвищують необхідність ширшої підготовки у галузі теорії конструкцій конструкторів та проектувальників.

Сьогодні силові агрегати автомобіля, коробка передач і підвіски стають настільки досконалими і стандартизованими, що у зв'язку з цим відпадає необхідність у проведенні широких змін при введенні нових моделей.

У процесі створення нових моделей доводиться зважати на зміни смаків і моди, що впливають на вибір форми кузова вагою і

реактивним гальмівним (тяговим) моментом і, крім того, бічного навантаження, що виникає при русі на повороті.

Окрім того, нові моделі конструюють для певних секторів ринку. І тут конструкція кузова пристосовується з метою задоволення специфічних вимог даного сектора ринку. У той же час на промисловість виявляється сильний економічний тиск, який змушує скорочувати час доведення нових моделей, дотримуватись стандартів надійності та безпеки конструкції без здійснення програми будівництва ширших автомобільних доріг.

У зв'язку зі зростанням застосування аналітичних методів для вирішення всіх цих завдань потрібно більше знання теорії конструкцій як від тих, хто має намір працювати в автомобільній промисловості, так і від тих, хто вже давно зайнятий конструюванням та виготовленням кузовів.

Курс лекцій не охоплює повністю машинні методи розрахунку конструкції автомобіля, однак у ньому досить відведено місця опису фізичної сутності явищ, що відбуваються із складовими частинами кузова автомобіля. Завдяки цьому у студента розвинеться вміння «відчувати конструкцію». І це дуже важливо на стадіях попереднього розрахунку автомобіля.

Для тих читачів цього посібника (слухачів курсу лекцій), які раніше не пройшли інженерну підготовку, ознайомлення з елементарним підручником з опору матеріалів допоможе зрозуміти основні співвідношення, що існують між напругою та деформаціями, напружений стан жорстких елементів найпростішого перерізу, що знаходяться в умовах вигину та кручення, та, крім того, допоможе засвоїти інші теоретичні питання.

Даний курс лекцій можна назвати введенням у теорію конструкції автомобілів, оскільки дозволяє отримати загальне уявлення про аналітичні методи, що широко використовуються в різних публікаціях технічних журналів, збірників доповідей різних конференцій та в повідомленнях машинобудівних науково-дослідних організацій та конструкторських бюро, технології та способи виготовлення кузовів автомобілів.

У цьому загальні питання кузова визначаються поняттями багатьох проблем, розкритих у цьому циклі лекцій, що стосується проектування, механіки і конструктивних рішень кузовів.

Предмет та завдання курсу.

Автомобільний кузов – це продукт існуючого рівня техніки, організації та рівня життя, а також поглядів на функції автомобіля. Усе це піддається постійним змін у межах загального розвитку та способу мислення. Отже, сучасний кузов не є остаточною формою та верхом можливостей.

Це треба мати на увазі взагалі, а особливо враховувати на вирішальних етапах експлуатаційних, проектувальних та технологічних рішень.

Дисципліна «Автомобільні кузова» визначає досконалість конструкції автомобіля, а також відповідність його споживчих якостей сучасному рівню розвитку світового автомобілебудування.

Метою викладання дисципліни «Автомобільні кузова» є вивчення студентами основних експлуатаційно-технічних якостей автомобільного кузова, його ролі в автомобілебудуванні; дослідження методів проектування автомобільного кузова; компонування основних його елементів; методів побудови поверхні та методів розрахунку елементів кузова.

В результаті вивчення курсу «Автомобільні кузова» **студент повинен знати:**

- призначення автомобільного кузова та його роль в автомобілебудуванні;
- класифікацію кузовів за формою, призначеннями та технічними даними;
- способи проектування автомобільних кузовів, компонування та планування автомобільних кузовів;
- вплив форми автомобільного кузова, та навісних елементів на аеродинаміку та формування потоків повітря всередині салону;
- вплив кузова на активну та пасивну безпеку автомобіля;
- порядок проектування кузова
- розробку поверхні кузова та методи її побудови;
- матеріали, що застосовуються в кузовобудуванні.

1 ІСТОРІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО КУЗОВОБУДУВАННЯ

Кузова як такі існували де-факто перш, ніж з'явився автомобіль. Їх можна назвати стародавніми, і це не буде перебільшенням, зважаючи на існування паланкінів, карет та квадриг.

Автомобільний кузов є продуктом каретного ремесла, про що свідчить хоча б сама назва: coach (англ. – екіпаж), powo'z (польськ. – екіпаж), carrozzeria (італ. – колимага), carrosse (франц. – карета).

Перші автомобілі майже не мали кузова, тому що їх конструктори всю свою увагу приділяли новому на той час приводу та механічному керуванню транспортним засобом.

Зручність їзди в тих умовах було питанням, яким можна було знехтувати, або вирішити його шляхом пристосування кінних возів (рис. 1.1, 1.2 і 1.3). Невелика кількість вироблених автомобілів дозволяла на той час проводити індивідуальні ремісничі рішення в проектуванні, конструюванні рис. 1.4).

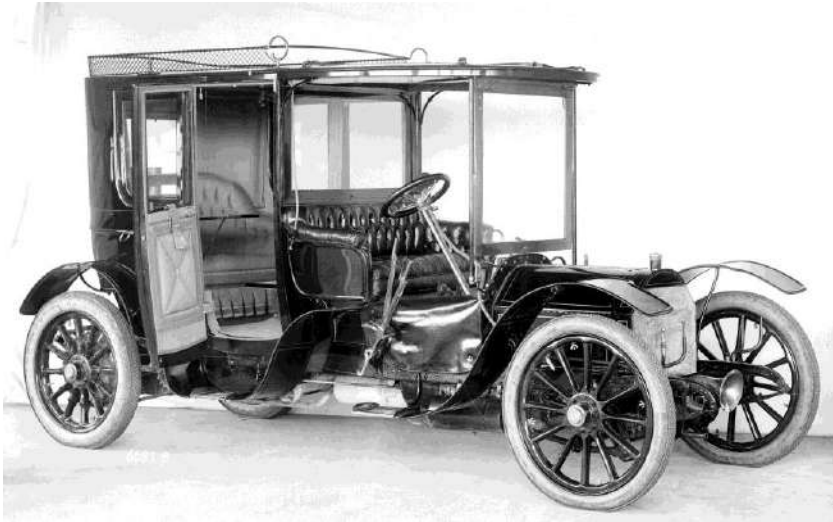


Рисунок 1.1 – Легковий автомобіль
Mercedes-Benz випуску 1902 р.



Рисунок 1.2 – Автобуси Berliet 1909 р. випуску



Рисунок 1.3 – Вантажний автомобіль випуску 1907 р.

1.1 Кузововобудування за кордоном

Початком постановки кузовної проблематики можна вважати 1912, коли Henry Ford почав технологічне вдосконалення кузова автомобіля «Ford T». Інженер Harold C. Will у 1908 р. застосував у цьому знаменитому автомобілі кілька незвичайних для того часу рішень, зокрема раму кузова у вигляді ферми з легких сплавів (за ліцензією, закупленою у Франції) та кузов, який тоді вважався символом сучасності. У ході аналізу вартості розпочатого серійного виробництва продукції виявилось, що кузов є головною складовою за вартістю.

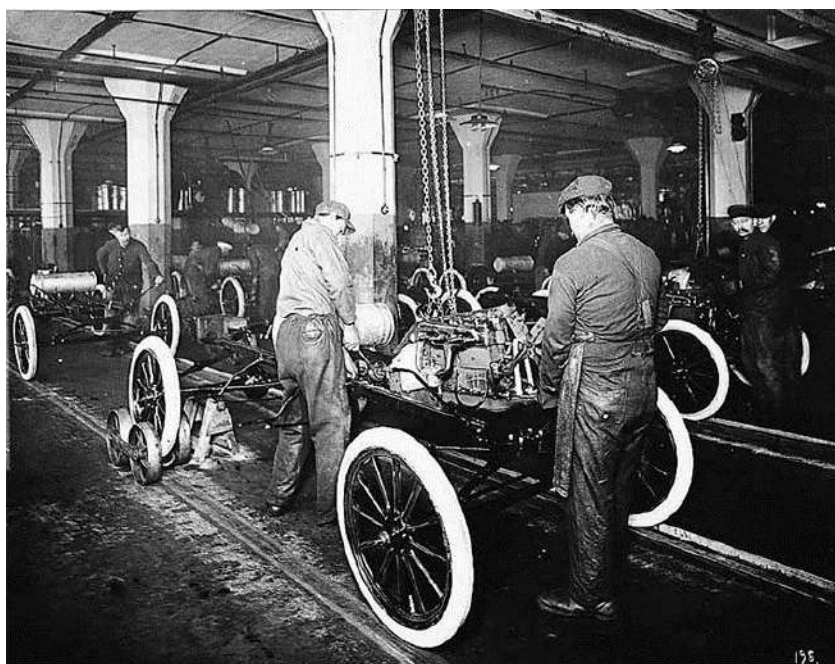
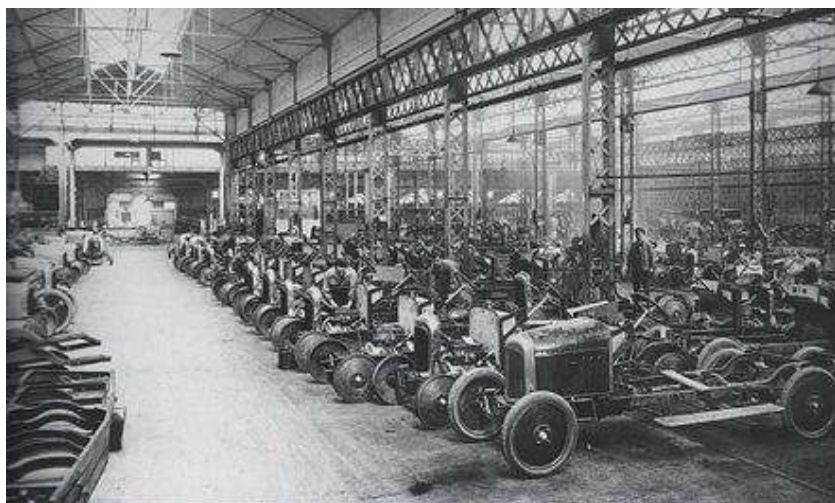


Рисунок 1.4 – Виробництво автомобілів
у 1900 – 1914 рр.

Оскільки трудомісткість його виготовлення перевищила кілька десятків робочих годин (для порівняння – виготовлення двигуна вимагалося близько 10 робочих годин).

Це була вартість, в якій слід шукати головну економію та можливості зниження ціни в ім'я реалізації гасла «автомобіль для всіх». У наступній моделі – так само знаменитому «Ford A» – з кузова було видалено значну кількість дерева, що зменшило обсяг ручної роботи. Проте проблему зниження трудомісткості виготовлення кузова було вирішено лише частково, оскільки залишалося ще багато ручних зварювально-монтажних робіт.

Переломним моментом в історії автомобільних кузовів був 1928, коли фірма Budd (США, Філадельфія) застосувала патент на суцільнометалевий кузов з великих штампованих деталей, що містять віконні та дверні отвори. Штампуванням всіх елементів кузова з металевих листів, забезпеченим відповідним оснащенням, та стикуванням частин, було скорочено дорогі ручні операції та знижено трудомісткість шляхом зменшення кількості деталей та з'єднань (рис. 1.5).

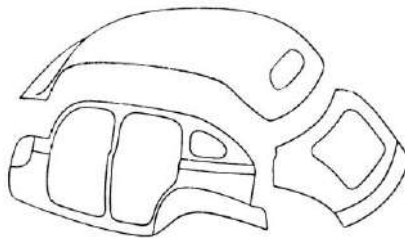
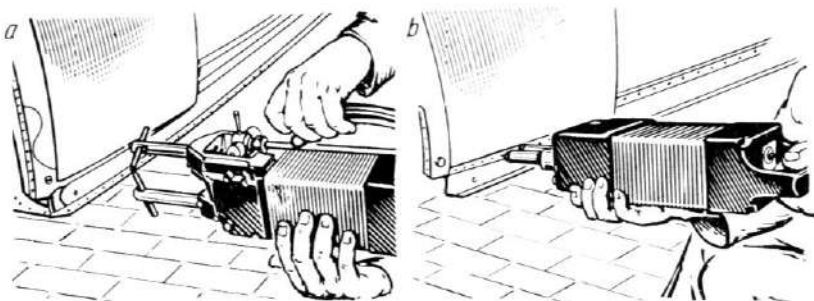


Рисунок 1.5 – Штамповані частини автомобільного кузова за патентом Бадда

На рубежі 30-х років з'єднання штампованих частин корпусу також було покращено за рахунок впровадження в промислових масштабах опорного електрозварювання (рис. 1.6).

В результаті інтенсивних робіт багато фірм (наприклад, відома Sciaky) освоїли дуже економічне точкове та шовне зварювання. Застосування таких сполук, крім значного зменшення трудомісткості самої сполуки штампованих деталей, усунуло також неприємну деформацію тонких листів, що виникала за попередніх методів зварювання.



а-двостороннє; б – одностороннє

Рисунок 1.6 – Контактне електричне зварювання

Принциповим поворотом у створенні та призначенні кузова став у 50-х роках випуск безрамних автомобілів з несучими кузовами. Кузов став тоді основою автомобіля, його кістяком та головним елементом. Ця еволюція кузова була продиктована конструктивними, технологічними та економічними міркуваннями. Автомобілі з несучими кузовами стали більш міцними внаслідок більшої жорсткості кузова, технологічніше з точки зору меншої кількості деталей та складальних операцій, а також економічніше внаслідок зниження ваги та вирівнювання довговічності несучої структури.

Несучі кузова, хоч їх впроваджували в широких масштабах лише в 50-х роках, були відомі значно раніше. Вже в 1924 р. в Німеччині в Zschopauer Motorenwerke Rasmussen (пізніше DKW) був розроблений варіант кузова популярного на той час автомобіля Р15 (рис. 1.7).

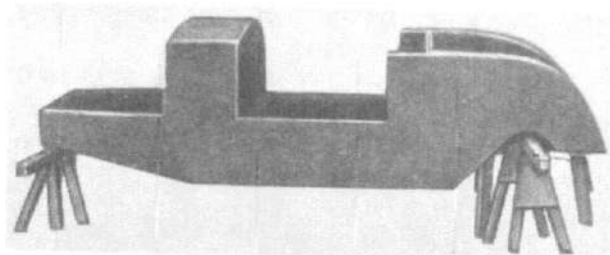


Рисунок 1.7 – Перший кузов монокок
(автор проекту Х. Расмуссен, 1924 р.)

Його конструктор Х. Расмуссен намагався створити якомога легкий транспортний засіб, щоб забезпечити йому найкращі тягові параметри при використанні двигунів з робочим об'ємом 600 см^3 і потужністю 16 к.с. Ця робота не увінчалася успіхом, тому що як матеріал використовувалося клеєне дерево, і це викликало технологічні та міцнісні ускладнення. Тим не менш, час показує, що слід ще раз визнати схему кузова, що несе, як найбільш закономірний зразок відкритого корпусу, незважаючи на деяке непорозуміння цього питання сучасними конструкторами.

У середині 20-х років в Італії фірма Lancia випускала автомобіль Lambda, в якому раму шасі замінили розвиненими лонжеронами і поперечками кузова, що зберігають, однак, характер рами (рис. 1.8).

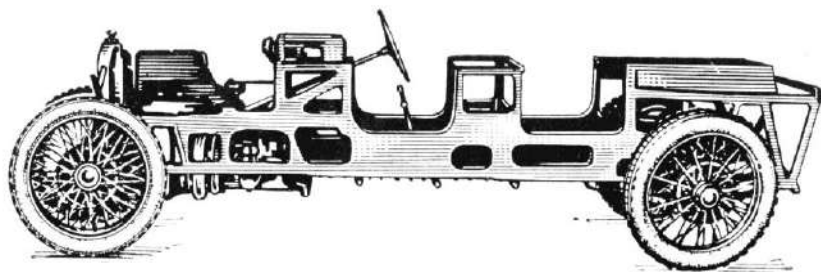


Рисунок 1.8 – Автомобіль «Lambda»
фірми Lancia (1922 р.). Заміна рами шасі конструкцією кузова

Обшивка кузова була непрацюючою. Отримано значно більшу жорсткість і міцність автомобіля, ніж у конструкціях того часу, що складаються з рами шасі та окремого кузова.

Кузов «Lambda» був першою серійно виробленою несучою системою. Однак лише на початку 30-х років після освоєння технології тонкостінних сталевих конструкцій був виготовлений автомобіль, який започаткував несучий кузов у повному розумінні цього слова (рис. 1.9).

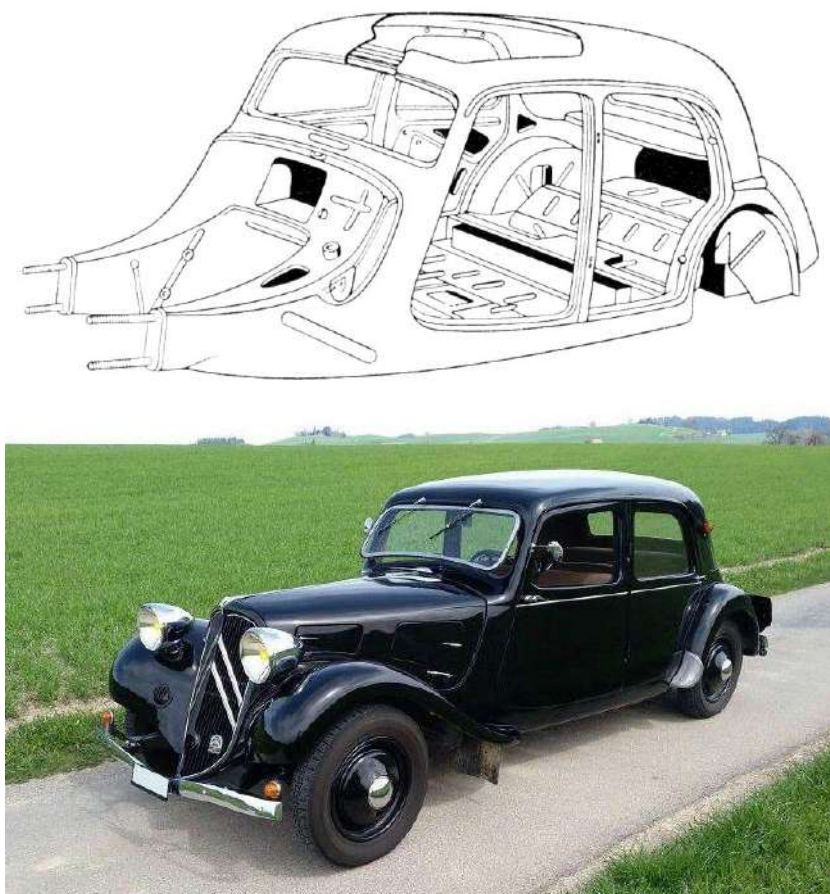


Рисунок 1.9 – Citroen 11 несучий кузов першого серійного безрамного автомобіля

Це був «Citroen» мод. 11 і 15 – конструкція настільки прогресивна (як усі легкові автомобілі цієї фірми), що заслуговує на почесне місце в історії кузовів. Конструкції мод. 11 і 15 отримали величезне визнання і завдяки перевагам – жорсткості та міцності – проводилися понад 20 років.

У цей час, коли фірма Citroen освоювала новий тип конструкції кузова, на багатьох інших заводах проводилися роботи в тому ж напрямку. Але тільки А. Porsche у своєму «KDF – Volkswagen» досяг успіху, застосувавши цікаве рішення комбінованої системи, що складається з плити основи і бічних частин кузова, з'єднаних болтами.

Інші заводи, не маючи таких можливостей, як Citroen і Volkswagen, закінчили свої роботи тільки після перерви, викликаній війною 1939-1945 рр., на початку 50-х років, і з цього часу починається період принципової зміни ролі кузова в автомобілі. Фірми, які необачно недооцінили значення кузова в автомобілі, поступово були ліквідовані, як, наприклад, відомі Bugatti, Hispano-Suisse, Minerva, Maserati та ін

У середині 50-х років з'являється поняття «механіка кузова» як важлива частина автомобілебудування. Разом з великим зростанням виробництва автомобілів на початку 50-х років виникає проблематика архітектури кузова. Вона бурхливо розвивається під впливом низки італійських проектувальників, таких, як F. Vignale, P. Farina, G. Ghia, T. Zagato та G. Michelotti, проте швидко перекинується напрямком, званім стайлінг (Styling).

Робота стилістів, що займаються стайлінгом, викликає протест внаслідок зростання невідповідності між проєктованими ними формами та їх функціями, а також через надмірне прикрашання. З'являється поняття industrial design (проєктування промислових форм).

Створюються при заводські центри вивчення форми кузова із залученням до роботи талановитих художників – пластиків, які, на жаль, залишилися безіменними. Хоча оцінка архітектури певною мірою суб'єктивна, проте, можна підкреслити видатні досягнення французької та англійської кузовних шкіл.

Якщо говорити про архітектуру автомобіля, не можна не згадати імені Ю. А. Долматовського (СРСР, м. Москва), який з

групою співробітників у НАМІ (Центральний орден Трудового Червоного Прапора Науково-дослідний автомобільний та автомоторний інститут) та ВНДІТЕ (Всесоюзний науково-дослідний інститут технічної естетики) розробив у 1945-1970 рр. ряд положень та проектів, що визначили основні функції та форми автомобіля (рис. 1.10-1.11).



Рисунок 1.10 – Таксі ВНДІТЕ (СРСР 1965 р.).
Експериментальне таксі Юрія Долматовського

Період шістдесятих років характеризується пошуком нових кузовних матеріалів. З'являються кузови, що випускаються невеликими серіями, із поліамідних смол, армованих

скловолокном. В обробці інтер'єру всіх кузовів широке застосування знаходять штучні матеріали. Для зовнішніх покриттів застосовуються еластичні, високоглянцеві синтетичні лаки. В автобусах, фургонях та інших спеціалізованих кузовах починають застосовувати алюмінієві сплави.

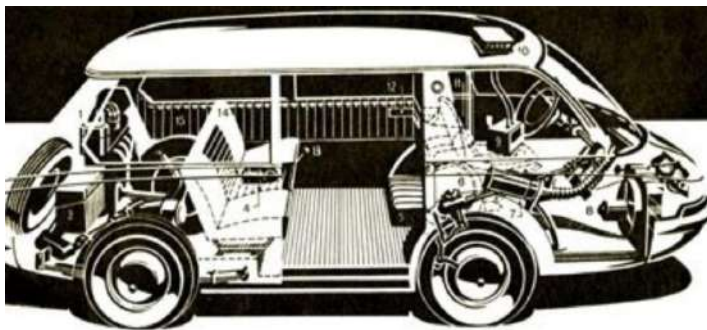


Рисунок 1.11 – Устрій кузова таксі Юрія Долматовського

Одночасно розвивається технологія технічного обслуговування та аварійного ремонту кузова. Особливо підвищується значення останнього у зв'язку із зростанням щільності руху транспорту на дорогах. З'являються спеціалізовані товариства з ремонту кузовів, а також дослідницькі організації в Англії та Німеччині.

Дорожні умови привертають увагу до кузова як одного з головних елементів зменшення наслідків зіткнення. У Європі досить широко проводять роботи в цьому напрямку лише великі фірми, такі як Mercedes-Benz, BMW і Renault. Стосовно доцільної жорсткості корпусу та оздоблення інтер'єру, ці роботи є, однак, лише частиною питань, дуже докладно вивчених за океаном у концернах General Motors та Ford, а також у багатьох науково-дослідних інститутах.

Результати досліджень послідовно включаються до державних норм автомобілебудування, що викликає зрозуміле занепокоєння виробників та задоволення споживачів.

Наприкінці 60-х років XX століття у вирішенні кузовних проблем стали використовувати електронно-обчислювальні машини (ЕОМ). Можливості, що відкриваються завдяки величезній продуктивності обчислювальної техніки та діапазону її використання у створенні кузовів, настільки великі (а це ще тільки початок), що фактично знімаються труднощі аналізу кузовів і документації, що існували досі. Замість довготривалих випробувань дослідних зразків можна використовувати математичну модель кузова та навантажень.

Виконання дуже трудомісткої документації по кузовам, особливо побудови криволінійних поверхонь, замінюють обміри моделі з довільною корекцією кривизни, які, закодовані в пам'яті машини і пов'язані з автоматичним креслярським пристроєм, дозволяють отримувати на екрані креслення оснастки. Процес виробництва, виражений як програма, піддається оптимізації.

У Європі електронну техніку в кузовобудуванні вперше застосували англійці в Pressed Steel Fisher та філії фірми Ford. Серйозні роботи проводять фірми Mercedes-Benz та Renault. В даний час всі виробники кузовів застосовують ЕОМ, як для розрахунку кузова, так і для організації та оптимізації виробництва.

1.2 Професійне становлення конструктора кузова

Після першої світової війни в США було два гіганти автомобілебудування: компанії «Форд» та «Дженерал-Моторс». Спочатку компанія «Форд» виробляла переважно стандартизовані («боки дзеркально-чорні, красенями

виглядають») автомобілі та автофургони типу «Модель-Т» (Model T). У середині 20-х років на підприємствах компанії «Дженерал-Моторс» з'явився «стиліст» – відомий і досі як фахівець зі стилізації форми та оздоблення кузова, і компанія «Форд» була обійдена своїм конкурентом.



Рисунок 1.12 – Ford Model T Panel Delivery Van

У той час як компанія «Форд» розгортала серійне виробництво автомобілів, дотримуючись принципу стандартизації конструкції, а її приклад наслідували інші компанії, компанія «Дженерал-Моторс» керувалася іншою, більш важливою мірою – ринковим попитом, особистим вибором покупця. Ринок представлявся цій компанії розділеним на сектори. Компанія конструювала автомобілі для кожного такого сектора індивідуально та пропонувала широкий діапазон форм та кольорів кузова.

До середини 20-х років компанія «Дженерал-Моторс» продавала автомобілів набагато більше, ніж її конкурент – компанія «Форд».

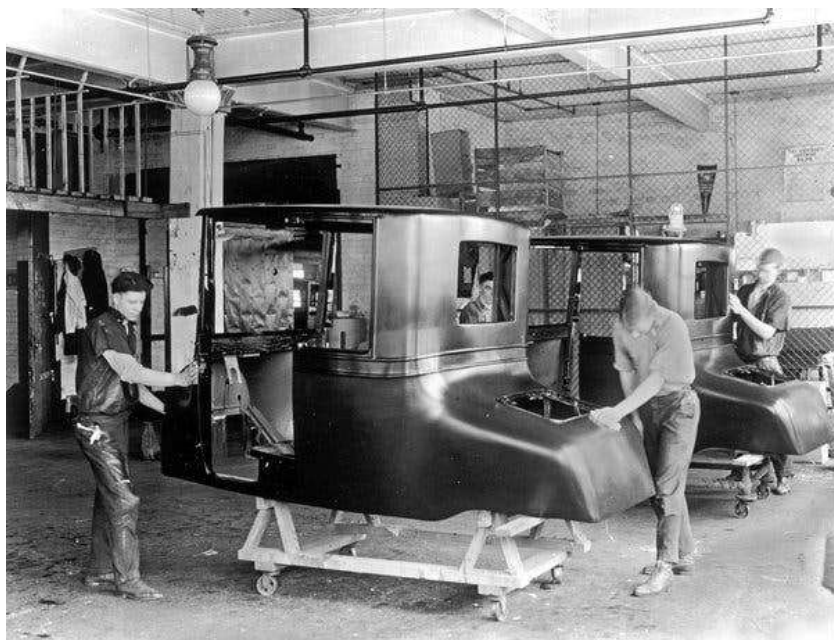


Рисунок 1.13 – Робітники готують до встановлення кузов моделі Fisher на шасі автомобіля в одній із перших майстерень фірми General Motors (1920-ті роки)

З цього часу професія конструктора кузова зайняла своє місце серед інших професій галузі. Фахівцю зі стилізації форми та обробки кузова необхідно було розмістити водія з пасажирами та багаж (або вантажі та пасажирів) у просторі, обмеженому об'ємом, що займає класично розташовані двигун та трансмісія. Він повинен був пропонувати керівництву компанії глибоко обгрунтовані варіанти конструкції кузова, а після приблизно дворічного якісного опрацювання проект кузова представлявся для зорової оцінки та остаточного вибору.

Проте в результаті того, що технологічні досягнення уможливили отримання великої кількості різноманітних форм і ергономіка зробила крок уперед, традиційний спеціаліст зі стилізації форми та обробки кузова поступово перетворюється на «конструктора з художнім задумом», у якого художня майстерність естетичного конструювання поєднується з

аналітичним підходом до компоновання кузова.

Конструктору з художнім задумом доводиться мати справу з широким спектром автомобілів спеціального призначення, що збільшується в міру розширення ринку та ускладнення його вимог.

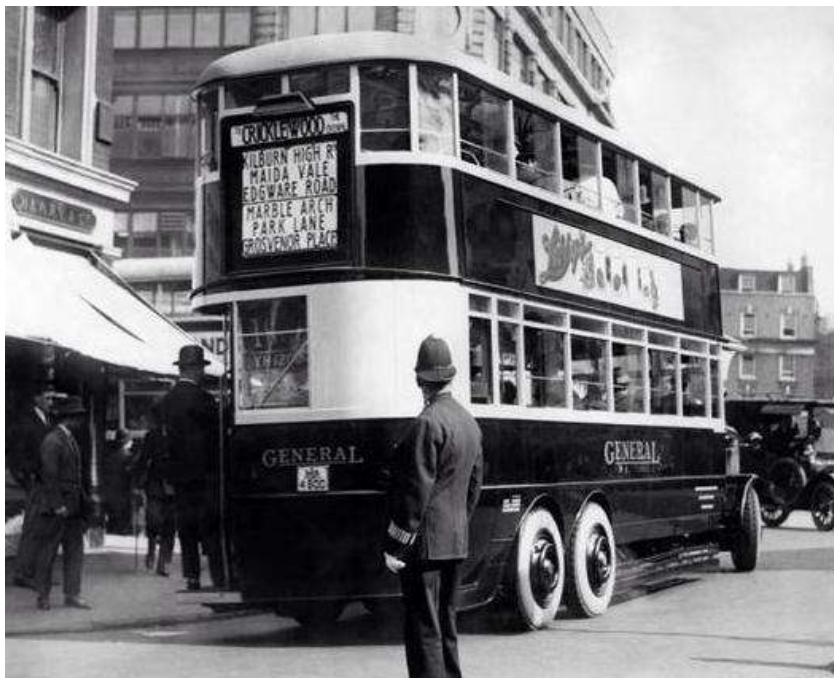


Рисунок 1.14 – Двоповерховий автобус у Лондоні
наприкінці 1930-х років

При сьогоднішньому уявленні про типи автомобілів важко повірити, що ще кілька десятирок тому як для вантажних автомобілів, так і для автомобілів сімейного призначення і автобусів приймали одне загальне компоновання.

Автор нової моделі автомобіля повинен ретельно враховувати обмеження, що обумовлюються застосуванням дорогого обладнання для виготовлення кузовів; до них слід додати обмеження, пов'язані з технікою безпеки та правилами дорожнього руху. Той, хто креслитиме і конструюватиме деталі

кузова, повинен знати, як структурна схема нової моделі впливає на розподіл навантажень між проєктованими елементами.

Конструювання автомобіля дедалі більше стає вправою у компонованні. Вантажні автомобілі, автофургони, автобуси та легкові автомобілі – все має бути сконструйовано суворо з дотриманням габаритних розмірів.

Силові агрегати, коробки передач, підвіски та різноманітні системи кріплення повинні бути розміщені між пасажирами та вантажами, що підлягають перевезенню в безпечних та зручних умовах і найчастіше з дуже великими швидкостями. При цьому автомобілі повинні бути оснащені широкими дверима для входу та виходу або завантаження та розвантаження.

Однак надто часто в наш час вихідним пунктом при компонованні є питання: чи достатньо простору відведено під конструкцію, а не ті вимоги, що пред'являються до конструкції автомобіля, які випливають із необхідності компоновання силової установки, коробки передач, підвіски, що оптимально протидіють навантаженням які виникають. По-іншому було, звичайно, на початку епохи безкінчного транспорту.



Рисунок 1.15 – Двоповерховий автобус на П'ятій авеню у Нью Йорку 1946 р. Сьогодні автобуси з такими кузовами використовуються тільки для огляду визначних пам'яток міста

Варто лише поглянути на будь-який автомобіль тих днів, і майже завжди можна буде побачити потужну раму шасі, незалежно від того, захована вона кудись усередины чи ні.

Але в той час, звичайно, шасі та його підсистеми виготовляли на одному заводі, а потім відправляли для оснащення кузовною надбудовою на інший завод, – настільки різюча технологія виготовлення тих днів відрізнялася від методів проектування.

Лише пізніше, коли отримана економія у зв'язку зі зростанням масштабу виробництва була усвідомлена автомобілебудівниками, вони дійшли висновку, що для стандартизації конструкції шасі та всієї металевої конструкції кузова потрібно зробити переоцінку важливості кузова та шасі.

До цього моменту конструювання та розробка шасі проходили у відриві від проектування кузова. Конструкція кузова була рамою, виготовленою з твердих порід дерева, до якої кріпилися алюмінієві або сталеві панелі. Фахівець-автомобілебудівник повинен пам'ятати про призначення конструкції автомобіля, чи то дитячий, легковий, вантажний автомобіль чи автобус.

Призначення конструкції – з'єднувати воедино системи кріплення задньої підвіски автомобіля та головної передачі, передньої підвіски та рульового механізму, двигуна та коробки передач, паливного бака, сидінь для пасажирів та водія.

Конструкція повинна бути досить жорсткою, щоб забезпечувати можливість точного управління, бути легкою, щоб інерційні навантаження та навантаження, що викликаються коливально-кутовим рухом підресорених частин щодо вертикальної осі, були малі, бути міцною та довговічною, щоб сприймати циклічні дорожні навантаження, навантаження з боку силової установки, водія та пасажирів.

Більшість вантажних автомобілів усе ще зберегли рамні шасі, у конструкціях автобусів їх «винесли назовні», а у легкових автомобілях вони фактично зникли. Навіть у гоночних та спортивних автомобілях моноконструкція стала правилом, ніж винятком, у зв'язку з чим виникла потреба аналізу напружено-деформованого стану таких несучих конструкцій.

1.3 Аналіз розвитку конструкції корпусу кузова

До середини 20-х ХХ ст. автомобільні кузови випускалися з ненесучим корпусом, що мав дерев'яний каркас та металеве облицювання.

Перетин брусків каркаса робився великим, особливо для відкритих кузовів, у яких каркас не був замкнутої системи. Дах закритих автомобілів робився з ватника та дротяної сітки, покладених на решітку із соснових рейок та покритих дерматином. Металом дах не облицьовувався, тому що вважалося складно забезпечити теплоізоляцію металевому даху.

Конструкція з дерев'яним каркасом мала багато недоліків: велику вагу, недостатню жорсткість, скрипи деталей. Дерев'яні каркаси застосовувалися переважно в кузовах серійного (немасового) виробництва.

Масове виробництво автомобілів призвело до поширення металевих корпусів. У міру вдосконалення технології та конструкції металеві кузови витісняли кузови з дерев'яним каркасом. Масове виготовлення дерев'яних деталей менш вигідне і складніше, ніж штампування їх порожнистими з листового металу, хоча для цього і потрібне збільшення початкових витрат на оснащення виробництва – спеціальним обладнанням (пресами та штампами). Висока вартість обладнання окупається протягом короткого часу внаслідок зниження трудомісткості виробництва виробів та їхнього масового випуску.

При випилюванні вигнутих дерев'яних деталей частина волокон деревини виявляється перерізаною. Міцність деталі знижується, і її роблять більш масивною та більшої ваги.

У місцях з'єднань дерев'яні деталі працюють на сколювання, тому потрібно збільшувати їх переріз і посилювати деталі окуванням. Деталь із металевих листів може бути без помітного збільшення ваги посилена ребрами або гофруванням поверхні.

Криволінійна металева форма деталі не зменшує її жорсткості. У металевому корпусі кузова частина деталей каркаса може бути усунена через наявність ребер жорсткості листів облицювання. У металевих кузовах скрипи зменшено, а підлога кузова може бути розташована на мінімальній висоті від дороги.

Перші металеві корпуси за схемою не відрізнялися від кузовів із дерев'яним каркасом, але ця примітивна схема поступово вдосконалювалася; почали застосовувати діагональні зв'язки; поперечні лежні підлоги були замінені однією штампованою панеллю підлоги, каркас передньої та задньої частин корпусу був частково замінений округленим облицюванням з профільованими краями та привареними до неї місцевими підсилювачами.

В даний час розміри деталей, що штампуються, значно збільшилися і складання їх спростилося. У сучасних металевих корпусах автомобільних кузовів іноді налічується не більше десяти основних деталей, якщо не брати до уваги дрібних кронштейнів і підсилювачів. Внаслідок удосконалення конструкції металевих кузовів їхня вага зменшилася на 10-12 % порівняно з дерев'яними кузовами та значно підвищилися жорсткість, термін служби та надійність кузова.

Вартість металевих кузовів завдяки досконалім технології та масовому виробництву значно знизилася, а обслуговування та ремонт кузовів в експлуатації спростилися. Зрештою, при металевих корпусах відпала необхідність застосування дорогих сортів дерева. Після того як було підтверджено на практиці, що металеві корпуси кузовів мають велику жорсткість, їх почали використовувати як несучий елемент для розвантаження та посилення рами автомобіля. Для цього спочатку застосовувалося жорстке кріплення корпусу кузова до рами автомобіля, а потім весь кузов перетворився на конструкцію, що несе.

При ненесучій конструкції кузова повинна бути забезпечена окремо рамі й кузову достатня міцність і жорсткість. Дотримання цієї вимоги викликає збільшення ваги вказаних агрегатів. Конструкція автомобіля з рамою є доцільною при нежорсткій (наприклад, дерев'яній) конструкції корпусу кузова або при виробництві даної моделі автомобіля з різними кузовами, зокрема відкритими, конструкції яких не являють собою замкнутої системи.

Досліди визначення жорсткості рам показали, що навіть при гнучкому з'єднанні кузова з рамою в декількох точках жорсткість замкнутої системи металевих корпусу зменшує деформацію рами. Якщо шасі легкового автомобіля без кузова встановити у

положення, при якому осі автомобіля максимально перекошені одна відносно іншої (ліве переднє та праве заднє колеса піднято до межі), передня поперечина рами повернеться приблизно на $7^{\circ}30'$ по відношенню до задньої.

Але якщо закріпити на рамі кузов (з гумовими подушками в місцях кріплення), то скручування рами за тих же умов зменшується приблизно вдвічі. При випробуванні на вигин рама без кузова прогинається при повному навантаженні на 125 мм, а після закріплення на ній кузова – на 75 мм. Тому можна зменшити робочі перерізи деталей рами та полегшити її, якщо розрахувати раму на спільну роботу з кузовом (оскільки автомобіль без кузова не використовується).

Однак така конструкція не є найкращою для легкового автомобіля або автобуса, тому що в автомобілі залишається рама, що є все ще громіздким металевим агрегатом. У передній частині легкового автомобіля, де встановлені двигун і підвіска передніх коліс, конструкція кузова не підсилює раму, тому вона повинна бути особливо міцною і жорсткою.

При збереженні звичайної конструкції металевого кузова, яка не розрахована на сприйняття навантажень, деякі частини рами матимуть або надмірно великий запас міцності, або, навпаки, будуть ослаблені. Таким чином, система кузов – рама в цілому, маючи велику вагу, буде схильна до значних деформацій.

Найкращі результати досягаються при об'єднанні кузова та рами, тобто під час передачі несучих функцій рами кузову. Несучий кузов автобуса має ще більше переваг перед ненесучим, ніж несучий кузов легкового автомобіля.

В автобусі навантаження від ваги кузова і пасажирів і від зусиль, що виникають при прискоренні та при русі по нерівній дорозі, сприймаються на великій відстані від осі автомобіля, а поперечний переріз кузова (замкнутий майже прямокутний контур із закругленими кутами) добре чинить опір скручуючим зусиллям.

У конструкції автобусів, особливо при задньому розташуванні двигуна, підвіконний пояс та прогони даху, жорстко пов'язані з усією системою в середній її частині, зменшують навантаження консольних частин лонжеронів основи спереду та ззаду. У зв'язку з цим переріз лонжеронів може бути

зменшено. Задня і передня стінки зв'язують трубоподібний корпус кузова і підвищують його опір скручування, який може бути ще більш збільшений при застосуванні діагональних розкосів. Все більшого значення у сприйнятті навантажень набуває облицювання.

В окремих конструкціях допоміжні бруски замінюються облицюванням, жорсткість якого дещо збільшується за допомогою профілювання панелей (наприклад, автобус ПАЗ-652 випуску до 1960 р.). При застосуванні несучої конструкції зменшилася вага кузова, що припадає на одного пасажирів в автобусі, в середньому на 20 кг.



Рисунок 1.16 – Автобус ПАЗ-652:
загальний вигляд, місце водія та пасажирський салон

У несучих сталевих корпусах автомобільних кузовів можливе подальше зниження їх ваги за рахунок зменшення профілів та товщини конструктивних елементів, проте зменшення товщини сталевих панелей та профілів може утруднити кріплення механізмів автомобіля та зменшити їх опір незначним місцевим ударам.

Розвиток конструкції кабіни вантажного автомобіля в основному слідує за розвитком кузовів легкових автомобілів, за винятком об'єднання у вантажного автомобіля кабіни та рами в один несучий орган. Кабіна займає невелику частину довжини рами і тому може посилити всю раму. Проте деформації масивної рами можуть зруйнувати кабіну.

Тому завжди застосовувалося найбільш доцільне в таких умовах еластичне кріплення кабіни до рами. Для зменшення ваги кузова автомобіля досліджуються можливості застосування нових матеріалів – сплавів алюмінію та пластмаси. В даний час досягнуто деяких позитивних результатів – кузови з таких матеріалів випускаються серійно (поки в невеликих кількостях).

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КУЗОВИ

Кузов автомобіля – це приміщення для водія, пасажирів і вантажу. До кузова відносять також оперення: облицювання радіатора, капот двигуна, крила або кожухи коліс, підніжки, брызговики та буфера (у деяких конструкціях буфера та підніжки віднесені до рами шасі).

Кузов пасажирського автомобіля (легкового, автобуса) або кабіна вантажного повинні захищати водія та пасажирів від вітру, пилу, дощу, снігу та надавати автомобілю гарного зовнішнього вигляду та обтічної форми.

Кузов вантажного автомобіля повинен бути таким, щоб забезпечувалися доцільні умови перевезення, навантаження та розвантаження вантажу. Кузов несе навантаження від власної ваги, ваги пасажирів та вантажу; навантаження, що виникають під час роботи підвіски під час руху по нерівній дорозі, на поворотах, при прискоренні та гальмуванні.

Крім того, кузов сприймає штовхаючі зусилля під час руху автомобіля. Навантаження та зусилля можуть бути сприйняті кузовом повністю, якщо автомобіль не має рами шасі або частково при установці кузова на рамі.

Деталі оперення утворюють приміщення для механізмів автомобіля та надають автомобілю потрібну форму, а також виконують різні функції, як-то: ефективне підведення повітря до системи охолодження двигуна, захист автомобіля при наїздах та ін.

Компонування, форма та конструкція кузова мають великий вплив на технічну характеристику автомобіля, на його динамічність та економічність з витрат палива, комфортабельність, легкість управління, стійкість, безпеку руху та термін служби.

Кузов складається з великої кількості (кілька тисяч) деталей та механізмів, які становлять половину ваги автомобіля та приблизно таку ж частину вартості його виготовлення.

Від ваги та форми кузова залежить і вага механізмів шасі автомобіля. Чим менше важить кузов, тим меншу вагу можуть мати деталі підвіски коліс, самі колеса та гальма. Чим більш обтічна форма надана кузову (тобто що менше опір повітря руху

автомобіля) і що менше його вага, тим менша потужність потрібна для досягнення автомобілем заданої швидкості; відповідно меншу вагу можуть мати двигун і деталі силової передачі (при правильному виборі її передавальних чисел), меншою буде і питома витрата палива.

Розташування сидінь у кузові, платформи та кабіни на вантажному автомобілі впливає на використання простору, габаритні розміри та вагу автомобіля, на розподіл ваги по колесах і, отже, на плавність ходу та стійкість автомобіля.

Еластичність сидінь у поєднанні з характеристикою підвіски та шин забезпечує зменшення коливань, що сприймаються водієм та пасажирями. Зручності пасажирів, крім того, залежать від розмірів та розташування дверей та вікон, ефективності вентиляційних та опалювальних пристроїв, теплової та звукової ізоляції кузова, наявності поручнів, підлокітників та іншого обладнання.

Жорсткість та міцність кузова збільшують термін служби автомобіля. Безпека руху автомобіля та легкість керування ним значною мірою забезпечуються устроєм робочого місця водія – зручністю його посадки на сидіння, видимістю колії та приладів, доступністю органів керування.

Таким чином, кузов – це не лише гарна оболонка автомобіля, але і його важливий робочий орган. Тому проектування кузова – не менш складний та відповідальний процес, ніж проектування двигуна чи іншого агрегату автомобіля. Проектування кузова має бути засноване на наукових дослідженнях та розрахунках.

2.1 Особливості кузова як агрегату автомобіля

Кузов відрізняється від інших агрегатів (механізмів) автомобіля наступним:

- складною формою, продиктованою не лише технічними, а й естетичними міркуваннями;
- зв'язком форми та влаштування кузова, особливо пасажирського з розміщенням пасажирів та зі створенням для них необхідних зручностей, а для водія – певних умов роботи;
- щодо більшими розмірами;
- різноманіттям матеріалів і видів обробки деталей кузова.

Якщо для двигуна та інших механізмів автомобіля основним матеріалом служить сталь (різних марок), а основними методами виготовлення деталей є лиття, кування та механічна обробка, то в кузові широко застосовуються, крім поковки та виливки, деталі з листової сталі, алюмінію, різних сплавів металів, дерева, скла, пластичних мас, гуми, картону, тканин.

Деталі кузова піддаються (крім лиття, кування та механічної обробки) холодного та гарячого штампування, литтю під тиском, зварюванню всіх видів, прокатуванню та профілюванню, карбуванню, емальюванню, покриттю металами, фарбуванню нітро- та синтетичними лаками та емальми, склеюванню, тощо.

Таким чином, у конструкції кузова повинні бути враховані різноманітні, а іноді й суперечливі вимоги: зручність, просторість внутрішнього приміщення та малі зовнішні габаритні розміри, особливо висота; великі деталі облицювання та ретельність обробки її поверхні, майже ювелірний характер декоративних деталей; заокруглена обтічна форма при міцному, надійному, але легкому корпусі кузова; наявність дверей, вікон, сидінь, вентиляційних пристроїв та численної арматури; поєднання та з'єднання між собою деталей з різних матеріалів.

Перелічені особливості кузова викликають необхідність:

- відмінного від проектування інших агрегатів автомобіля порядку проектування кузова;
- відмінного від виробництва інших агрегатів характеру виробництва деталей, збирання та оздоблення кузова;
- особливої спеціалізації кузовобудівників.

Процес проектування кузова описаний нижче.

Спеціалізація кузовників полягає, насамперед, у тому, що у проектуванні та виробництві кузовів беруть участь конструктори та технологи не тільки механічного профілю, але й багатьох інших профілів.

Крім того, на окремих ділянках роботи кузовники повинні поєднувати інженерні здібності, знання та навички з художніми здібностями, гарним естетичним смаком, умінням ретельно обробляти не лише креслення та проекти, а й деталі кузова. Щодо цього, професії кузовників, близькі до професій архітекторів, будівельників, художників-ремісників, конструкторів та оформлювачів побутових приладів.

При неминучій в масовому виробництві вузької спеціалізації працівників кузовники повинні бути в курсі справ усіх кузовних професій, так як, наприклад, металеві деталі кузова піддають наступному фарбуванню, з'єднують з деталями оббивки, склом і т.п., і кожна деталь окремо з іншими має бути технічно досконалою і водночас красивою.

Кузовник може бути знайомий також із будовою автомобіля взагалі, оскільки деталі кузова і весь кузов тісно пов'язані з механізмами автомобіля.

3 ЗНАЧЕННЯ КУЗОВА

Механізми двигуна та шасі виконують приводні функції, що забезпечують рух автомобіля. Кузов виконує споживчі функції, під якими можна розуміти відносини кузов – людина і кузов – система перевезень.

Крім цих двох споживчих зв'язків виявляються також виробничі відносини: кузов – автомобіль та кузов – автомобільна промисловість. Цими чотирма відносними залежностями можна визначити значення кузова, ніж одним загальним описом.

3.1 Організм людини

Кожен промисловий продукт певним чином асоціюється з людиною. Автомобільний кузов у цьому відношенні має багато зв'язків. Оскільки людина першої половини двадцятого століття є людиною моторизованою – «the motor people» у жаргоні психологів – знання зв'язків кузов-людина корисно не тільки для проектувальників кузова, але і для багатьох інших спеціалістів автомобілебудування, що дозволяє зрозуміти значення кузова.

Ставлення кузов-людина знаходить відображення у все більших публікаціях і розглядається з точки зору психіки, психофізіології або функціональних залежностей.

Для розуміння загального значення кузова найбільш успішною є інтерпретація Ю.А. Долматовського. Людина виступає у ній як власник, водій, пасажир, обслуговуючий персонал, перехожий, глядач та мешканець міста.

Ці залежності можуть мати аспекти:

- економічний – у фінансовому сенсі;
- робочий – у сенсі виконуваної роботи;
- аспект відпочинку - як туризм та спорт;
- естетичний – у сенсі візуальному.

Частка цих аспектів різна в окремих залежностях для людини як індивідуума та як сукупності людей. Особливо цікаві дискусії щодо негативних впливів кузова на людину. Обговорення цього питання, безперечно, корисно і часто вражає результатами. До цього виду зв'язків слід віднести явище влади форми кузова над людиною, тобто ситуацію, коли виріб управляє споживачем.

Ці негативні властивості кузова часто використовуються виробниками та створюють серйозні економічні проблеми не тільки для індивіда, але і для суспільства. Все частіше це викликає рішучий протест споживачів і самих проектувальників форми кузова. І тому можна відзначити дедалі більше кузовів, що виключають ці шкідливі явища щодо кузов- людина.

3.2 Кузов – автомобіль

У 60-ті роки 20 століття агрегати двигуна і ходової частини автомобіля досягли єдиного високого рівня. Слабкі рішення щодо міцності, вартості та експлуатаційних якостей автоматично відсіялися, не витримавши конкуренції. Проблема впровадження в широкому масштабі різних типів двигунів, таких як роторний, газотурбінний або електричний, якими головним чином відрізнялися б окремі автомобілі, все ще не може бути реалізована. Можна припустити, що на основі, поза сумнівом, існуючих угод між концернами реалізація цих двигунів поки що відкладена. Агрегати шасі, незважаючи на те, що багато з них мають нові конструктивні рішення завдяки спеціалізації виробництва широко застосовуються для автомобілів різних марок і типів.

У цій ситуації показником, найчастіше розрізняючим автомобілі, є їх кузова, оскільки вони визначають автомобіль більш-менш вдалим плануванням та використанням внутрішнього простору, а також зовнішньою формою.

Кузов є основною складовою маси та вартості автомобіля. У легкових автомобілях кузов становить 40-60 %, в автобусах 60-70 %, а в автофургоних 40-50 % їхньої власної маси та вартості виробництва. Винятком є вантажні автомобілі з платформою, кузов яких становить відповідно 15-25 %, але це тільки з платформою, оскільки використання контейнерів і спеціалізованих кузовів підвищує ці значення. Вантажопідйомність автомобіля вирішальною мірою визначається кузовом як різниця між сумою допустимих навантажень на колеса і власною масою автомобіля. Зменшення маси кузова є одним із найефективніших засобів покращення багатьох показників автомобіля, наприклад собівартості вантажопідйомності, витрати палива, динамічних показників.

Від розподілу експлуатаційного навантаження в кузові залежить розподіл мас по осях, а це, у свою чергу, визначає положення центру тяжкості та метацентру, що надає вирішальний вплив на основні параметри стійкості та керованості автомобіля.

У зв'язку з тим, що швидкість 90-100 км/год давно вже є практично середньою для всіх транспортних засобів на автомагістралях, аеродинаміка кузова стає основною складовою опору руху та суттєво впливає на витрату палива. Аеродинаміка кузова також істотно позначається на стійкості руху автомобіля при бічному вітрі та часто має вирішальне значення для безпеки руху.

Зручність їзди за незалежної підвіски ходових коліс залежить від кузова. Відповідні сидіння, ізоляція, вентиляція та опалення, герметичність кузова, розміщення приладів та перемикачів, оглядовість, тощо, – ось основні складові комфорту їзди.

У разі дорожньої пригоди міцний кузов може значно зменшити небезпеку смерті чи поранення потерпілих. Ця проблема знайшла відображення у різних нормативах, і в першу чергу в американських стандартах.

Загалом, кузову призначається дуже серйозна роль як акумулятора енергії автомобіля, так і інтер'єру, організованого таким чином, щоб зменшити наслідки можливого зіткнення, а також жорсткого пасажирського приміщення, що не руйнується при дорожній пригоді.

Кузов має найважливіше значення для естетики автомобіля і впливає на його ринковий попит з позицій індивідуума. Для суспільства ж кузова мають значення набагато більші, ніж естетичні відчуття індивідуумів, оскільки автомобілі складають важливий елемент архітектури і так вже складного навколишнього середовища.

3.2.1 Залежність між масою кузова і витратою палива

Основною силою опору, що діє на автомобіль, що рухається з невеликою швидкістю, є сила опору коченню шин, яка прямо пропорційна навантаженню, що передається на дорогу через колеса, що обертаються. Опір, що виникає на підйомі, так само пропорційний масі автомобіля, як і сила інерції, що долається при

прискоренні автомобіля.

Досі автомобілебудівні компанії та постачальники обладнання витрачають величезні кошти на зниження витрат палива. З цією метою вдосконалюють конструкції системи упорскування палива, ускладнюють систему запалення, а також організують подачу повітря у двигун за допомогою турбонагнітача. В даний час шляхом докладання зусиль у цих напрямках все важче стає досягти бажаних результатів, крім того, це призводить до ускладнення та подорожчання обладнання та, не меншою мірою, ускладнює технологію виготовлення.

Проте якими б ефективними не були засоби перетворення енергії палива в роботу сили тяги, що прикладається в плямі контакту шин з дорогою, паливо саме по собі має обмежену теплоту згоряння.

Енергія, що виділяється при спалюванні 1 кг очищеного бензину, дорівнює 42-44 МДж, а максимальний тепловий ККД двигуна становить не більше 25 %. Таким чином, потенційна енергія палива, що прирівнюється до кінетичної енергії (теж пропорційна масі) автомобіля, що рухається з певною швидкістю, може бути реалізована лише частково, причому ніяким пристроєм, спрямованим на економію палива, цю частку потенційної енергії палива не можна збільшити.

Ефективним заходом щодо зниження витрати палива є зменшення маси механічних частин та обладнання, що, у свою чергу, знижує інерційні сили опору, що виникають при прискоренні поступального та обертального рухів, а також призводить до зменшення опорів коченню та підйому. Важливе значення для зниження маси мають конфігурація і компоновання частин і елементів конструкції автомобіля.

Наприклад, якщо зробити ведучими передні колеса автомобіля, то можна позбутися від маси карданного валу і картера ведучого мосту. Однак це справедливо лише в тому випадку, коли перехід від схеми із заднім розташуванням ведучих коліс до схеми з переднім розташуванням ведучих коліс проводиться на стадії проектування нового автомобіля.

Якщо таку зміну провести на етапі, коли виробництво вже оснащено відповідним технологічним обладнанням, то цей перехід може виявитися дуже дорогим.

Як з приростом маси будь-якої частини автомобіля одночасно збільшується маса елементів, що підтримують її, так і, навпаки, зі зменшенням маси будь-якої частини автомобіля можна значно знизити масу інших його частин. Крім того, встановлення більш легких систем (наприклад, меншого двигуна) в одному місці може автоматично призвести до змін (зменшення розмірів гальмівних механізмів) в іншому місці.

Отже, існує свого роду ланцюгова реакція: полегшення конструкції кузова зумовлює зменшення розмірів коліс тощо. Отже, етап проектування конструкції загалом має велике значення.

Частка палива, що витрачається на розгони типового європейського автомобіля під час руху автострадами, становить 18 % загальної витрати палива. У разі руху в міських умовах зазначена частка витрати пального досягає 38 %, а при проведенні 15 циклів дорожніх випробувань, передбачених Європейським економічним співтовариством – 25 %.

Таким чином, очікується, що зі зниженням маси автомобіля на $\frac{1}{3}$, економія палива становитиме 6-12 %. Цей порівняно скромний висновок показує, що розробка нових полегшених вузлів автомобіля зазвичай призводить до створення менш дорогої конструкції як за матеріальними, так і за трудовими витратами.

3.2.2 Залежність між масою автомобіля та розмірами кузова

Існує також тісна залежність між масою автомобіля та розмірами кузова, тому чим компактніше автомобіль, тим більша економія палива, одержувана в результаті не тільки зниження маси, але і пропорційного зменшення аеродинамічного опору, так як скорочується площа поперечного перерізу.

Тепер при аналізі конструкції кузова інженерів хвилюють такі питання, як ефективно розподілити масу, щоб навантаження, що прикладаються, сприймалися з мінімальною концентрацією напруг, як зменшити аеродинамічний опір обшивки кузова за допомогою ретельного полірування поверхонь, як забезпечити захист пасажирів при аваріях.

У технічній літературі присвяченій кузовам, заявлено, що

застосування методу кінцевих елементів, заснованого на використанні ЕОМ, при розрахунках конструкцій кузова може призвести майже до 15% зменшення маси в порівнянні з масою, одержуваної при застосуванні еквівалентних розрахункових моделей, в яких не використовується метод кінцевих елементів.

3.3 Кузов – автомобільна промисловість

Частка кузова в масі та вартості автомобіля на автомобільних заводах знаходить відображення у машинному парку, спеціалізованому обладнанні та виробничій площі для виготовлення кузова.

Чотири основні етапи виробництва кузова – штампування, зварювання, фарбування та складання – зумовили те, що автомобільні заводи фактично перетворилися на заводи, що виготовляють кузови та монтуючі агрегати. Це сталося з двох причин.

- **Перша** – практична неможливість інтенсивних дослідно-технологічних робіт у галузі всіх різномірних частин автомобіля;
- **Друга** – необхідність розвитку проблем дослідницьких та проектних робіт з кузовів, для чого потрібні великі площі, дуже дороге обладнання та специфічна організація впровадження нових моделей.

Загалом, це узгоджується з основними економічними положеннями про ефективність інтенсивних робіт.

Обмеження екстенсивності виробничої програми відбулося, в першу чергу, за рахунок агрегатів, що легко змінюються, або є закінченим і зручним для транспортування вироб. Виникли численні підприємства, спеціалізовані на виготовленні агрегатів двигуна, шасі та обладнання.

На багатьох автомобілях застосовуються однакові агрегати, які виготовляє один спеціалізований виробник. Це полегшує виробництво та експлуатаційне обслуговування автомобіля. Спеціалізація виробників агрегатів сприяла також досягненню дуже високої якості та надійності завдяки можливості вузьких, зате глибоких, можна сказати, вичерпних досліджень та вдосконалення обраного вузла або агрегату автомобіля.

На автомобільних заводах виготовляють корпуси та кузови, а

також підвіски та проводять складання. Цей напрямок дуже інтенсивно розвивається і підкріплюється науково-дослідними роботами, що стосуються конструкції та технології, елементів що виробляються на заводі, теорії та ходових якостей всього автомобіля, організації виробництва та збуту, а також обслуговування та вивчення попиту.

3.3.1 Заводи легкових автомобілів

Для масштабу та значення кузова в автомобільній промисловості показовими є виробнича площа та вартість обладнання для його виготовлення.

У виробництві автомобілів легкових і вантажних особливо малої вантажопідйомності (розвізних) кузов займає від 50 до 60% виробничої площі. Верстатний парк для виробництва кузовів дуже дорогий і виробляється небагатьма високоспеціалізованими фірмами, що мають світову популярність.

Формоутворення частин кузова здійснюється на кількох лініях ковальсько-пресових машин, що складаються зі штампувальних пресів простої та подвійної дії із зусиллям від 200 до 1000 тонн з великою площею столу. Загальна кількість пресів у кузовному виробництві сягає часто кількох сотень. Окремі лінії дозволяють отримати продуктивність 3-4 штампування на хвилину. Тут зазвичай виправдовує себе автоматизація подачі листа, з якого формується частина кузова, на лінії штампування, калібрування та обрубкування. У кузовному виробництві потрібна база для переобладнання пресів та виготовлення дорогих штамів.

Штампи ще є горезвісним вузьким місцем виробництва, і, незважаючи на значний прогрес у цій галузі, викликаний використанням електроніки та автоматизації обробки, вони більшою мірою визначають терміни введення нових моделей кузова або модернізації кузовів.

Монтаж кузова проводиться на лінії з декількох десятків зварювальних постів. Деталі кузова послідовно складають зварювальні вузли. Усі зварювальні пости обладнані пристроями, що фіксують взаємне положення деталей кузова, та машинами для контактного електрозварювання. При необхідності застосовуються підвісні кліщові зварювальні машини, за

допомогою яких робітник середньої кваліфікації виконує близько ста зварювальних точок за хвилину, або багатоелектродні зварювальні агрегати. Складання вузлів кузова проводиться в головному пристрої – кондукторі. Для складання середнього кузова легкового або розвізного автомобіля потрібно 150-200 підвісних зварювальних машин, 6-10 багатоелектродних, а також кілька постів додаткового дугового або газового зварювання в місцях, недоступних для зварювальних машин.

Зварювальні пристрої для кузова складні і, на жаль, не універсальні. Заміна цієї оснастки трудомістка і складна через специфічну систему допусків кузова. Крім того, комплектування лінії монтажних постів ускладнюється ще й необхідністю випуску кількох варіантів одного кузова, наприклад, універсального – комбі, з іншою кількістю дверей, пікапа та ін.

Дорогою складовою процесу виробництва кузова є лінія обробки поверхні. Підготовка поверхні, нанесення покриття та супутні процедури зазвичай вимагають кількох операцій у ваннах та камерах, великої витрати енергії та значних розмірів обладнання.

3.3.2 Автобусні заводи

Виробництво автобусних кузовів інше, але не менш складне, ніж кузовів автомобілів легкових та розвізних, що випускаються у кількості 30-100 тис. на рік. У виробництві автобусних кузовів рентабельним випуск понад 1000 штук на рік, тобто приблизно двогодинний ритм.

Основною особливістю автобусних кузовів є наявність великих зовнішніх плоских та прямоокреслених поверхонь, для формоутворення яких необхідне обладнання, що забезпечує попереднє напруження листів.

В основному, проте, технологія формоутворення та з'єднання тонкостінних елементів сталевих автобусних кузовів подібна до технології виготовлення кузовів розвізних автомобілів. Для формоутворення елементів передньої та задньої стінок кузова, обрамлення вікон, стійок, дуг даху та багатьох деталей основи служать лінії пресів. Лише частина поздовжніх деталей кузова автобуса може бути відформована гнуттям чи вальцюванням.

Оскільки навіть середній випуск автобусних кузовів не

забезпечує ефективного використання 1-2 ліній пресів або високопродуктивних прокатних станів, так звані фасонні деталі кузова виробники отримують зазвичай по кооперації.

Лише при випуску автобусів близько 2 000 на рік окупаються витрати на організацію власного формування деталей кузова, що повторюються – бічних стійок, обрамлення вікон, поперечин, дуг і т.п.

Нерідко намагаються замінити кілька штампованих деталей автобусного кузова готовими профілями, найчастіше тонкостінними прямокутними трубами. Такі труби, однак, дорогі, а технологія їхнього з'єднання дуже трудомістка, оскільки потрібен великий обсяг ручного дугового або газового зварювання.

Деформації, що виникають при зварюванні, викликають подальші складності, що позначається на собівартості продукції. Тому газове або дугове зварювання дедалі частіше замінюють болтовими з'єднаннями або кліпкою із застосуванням допоміжних накладок.

Найбільш вигідним є, однак, з'єднання деталей корпусу автобуса за допомогою точкового електрозварювання. Зварювальна лінія автобусних кузовів вимагає, таким чином, оснащення 20-30 постів зварювальними пристроями та машинами. Деяка кількість електродугових та газових зварних швів (близько 50 м) розглядається при цьому як доповнення необхідних несучих зв'язків.

Оздоблення поверхні кузова є найбільш дорогою частиною автобусного виробництва, для якої внаслідок багатоопераційності процесу фарбування та нанесення додаткових покриттів, а також великих розмірів автобусів потрібна значна кількість енергії та більше площі.

Оскільки остаточне складання автобуса відбувається зазвичай з переважним застосуванням агрегатів, отриманих по кооперації, автобусний завод є переважно заводом автобусних кузовів.

3.4 Заводи вантажівок

Найскладніша ситуація з кузовами вантажівок. Вантажні автомобілі середньої вантажопідйомності випускають зазвичай у

кількості 5-10 тис. штук на рік. Така кількість недостатня для ефективного використання серійного оснащення, як у виробництві легкових автомобілів, і водночас велика для одиничного виробництва чи так званої малої серії.

Крім того, кабіна водія становить лише близько 10% вартості всього автомобіля. При сучасних вимогах споживача та організації промисловості ця проблема вирішується уніфікацією кабін водія.

Загалом ця уніфікація полягає в тому, що або в різних типах автомобілів одного заводу застосовується майже однакова кабіна, або кілька заводів застосовують майже однакову кабіну для своїх автомобілів. Завдяки цьому потреба в кабінах зростає в 5-6 разів, що дозволяє раціонально та економічно організувати виробництво.

Те саме відбувається з вантажними платформами та фургонками. І тут вирішенням проблеми стала уніфікація, яка збільшує серію. Уніфікація показала, що проблеми кузова в наш час треба розглядати не для одного типу автомобіля, а для цілого сімейства вантажних автомобілів та їх різновидів.

3.5 Загальне значення

Резюмуючи, можна сказати, що кузови автомобілів легкових, розвізних та вантажних, а також автобусів мають щодо кузовів – автомобільна промисловість – капітальне значення. Сучасна автомобільна промисловість як постачальник транспортних засобів для дуже складних та різномірних систем перевезень має виступити з широкою програмою щодо кузовів.

Якщо, крім того, взяти до уваги відомі кілька сотень видів спеціалізованих кузовів, то виробництво кузовів стає дуже важливим господарсько-економічним показником не тільки транспорту, а й виробництва та сфери обслуговування. Новими типами спеціалізованих кузовів автомобільна промисловість може стимулювати нові види обслуговування, що мають важливе економічне значення.

3.6 Кузов – система перевезень

Кузов набуває все більшого принципового значення внаслідок постійно прогресуючої оптимізації перевезень,

технічного обслуговування та ремонту.

Оптимізація перевезення товарів зводиться, загалом, до найкращого використання площі і вантажопідйомності автомобіля, і навіть до скорочення тривалості вантажних і розвантажувальних робіт. Використання площі автомобіля залежить від конфігурації вантажного простору кузова, яке має бути (а цього здебільшого не буває) кратним нормалізованим пакуванням вантажу, насамперед – відповідно до стандартів ISO (міжнародна організація зі стандартизації).

Тривалість вантажно-розвантажувальних робіт також залежить від типу кузова, бо в закритих кузовах визначається видом і розмірами дверних отворів, а у відкритих – застосуванням вантажних пристроїв (також розміщених на автомобілі – маніпулятори).

Оптимізація перевезення товарів досягла небаченого раніше ефекту завдяки контейнерним кузовам, що допускають транспортування певної кількості виробів в тому самому збірному кузові всіма засобами транспорту (автомобілем, судном, залізничним вагоном і літаком) від виробника до адресата. Ця система перевезень, звана комбінованою, нині не викликає сумнівів і значно підвищує питому вагу співвідношення **кузов – система перевезень**.

Система перевезень – це не лише доставка товарів та вантажно-розвантажувальні роботи, а й низка процесів обслуговування та ремонту автомобіля. У цих процесах догляд за кузовом має дуже важливе значення.

Почнемо з того, що існують кузови легкі та важкі для такої простої, але необхідної процедури, як миття. Якщо обслуговування не є простим і дешевим, термін служби кузова значно скорочується.

Довговічність кузова визначає загальну економічність кожного автомобіля, так як зношування кузова практично означає потребу в новому автомобілі.

Крім того, слід взяти до уваги, що повсюди застосовувана система середнього або капітального ремонту із заміною агрегатів можлива до тих пір, поки існує корпус автомобіля, до якого швидко і точно монтують змінні агрегати двигуна, шасі і деталі.

У практиці експлуатації автомобіля дорожні події – явище неминуче. Ремонт пошкодженого кузова, що є корпусом і основною складовою вартості автомобіля, є економічно необхідним, якщо кузов не перейшов *межі окупності ремонту*.

Ця межа диференційована залежно від типу автомобіля та конкретного співвідношення вартості та витрат. Сам процес ремонту, починаючи від середніх пошкоджень, становить низку операцій, які не можуть бути виконані без відповідного обладнання та технології. У цьому аспекті кузов має значний вплив на структуру автообслуговування та ремонтних підприємств.

Завершальним питанням відносин кузов-система перевезень є значення кузова для переміщення людей. Роль автобусного кузова не зводиться лише до забезпечення належних умов для пасажирів, що стоять або сидять усередині, але відбивається також і на фактичній середній швидкості автобуса.

Від зручності входу та виходу пасажирів залежить в основному середня швидкість міського автобуса. У міжміському чи туристичному автобусі оснащення кузова санітарним обладнанням, баром, спальними місцями та місцем для другого водія скорочує зайві зупинки на трасі.

Роль житлових кузовів слід підкреслити на аспекті кемпінгових туристських причепів (рис. 3.1), оскільки цей аспект відомий і дуже вплинув на розвиток туризму, в сенсі створення нових місць проживання.

У країнах з теплим або помірним кліматом (США, Канада, Бразилія) має місце таке явище, як утворення поселень або приміських районів, що складаються з житлових причепів одно-, двох- і навіть трикімнатних, заселених сім'ями, що знайшли в цьому районі вигідну, але недовготривалу роботу.

При більш уважному розгляді цього явища воно виявляється цілком обґрунтованим економічно та дуже цікавим у соціальному плані.

Відношення кузов – система перевезень має дуже широке значення і важливий вплив не тільки на приватні, але і на великі загальні проблеми. Наприклад, кузови для побутового обслуговування мають важливе економічне значення, оскільки дозволяють обійтися без багатьох нерентабельних стаціонарних

господарств.

Наприклад, мережа магазинів у невеликих поселеннях може бути успішно замінена пересувними магазинами з програмним маршрутом. Те саме стосується кіно, бібліотек, майстерень тощо.



Рисунок 3.1 – Житловий причіп

Спеціалізовані шкільні автобуси дозволяють концентрувати навчання у центрах кон'юнктурного зосередження населення. Кузова, спеціалізовані для побутового обслуговування, дорожчі за універсальні, але в той же час незмірно більш ефективні.

4 КЛАСИФІКАЦІЯ КУЗОВІВ

Класифікація автомобільних кузовів характеризується різноманітністю, невизначеністю і нерідко невідповідністю реальної дійсності.

Практикований поділ кузовів на легкові та вантажні, а потім на універсальні, спеціалізовані та спеціальні також додає ряд труднощів в управлінні та виробництві, тому що:

- в принципі немає кузовів універсальних, тому що всі вони спеціалізовані для будь-яких транспортних операцій;
- межа між спеціалізованим кузовом та спеціальним вельми проблематична;
- кузова універсальні, спеціалізовані та спеціальні часто не відрізняються корпусом, і лише конкретне оснащення визначає їхню класифікацію.

З урахуванням розвитку техніки перевезень та виробництва автомобілів можна використовувати запропоноване вище визначення, що кузов – це прийнята форма для переміщення людей, вантажу або засобів обслуговування та обґрунтувати систему класифікації на критеріях форми взагалі та на поняттях функції та структури, зокрема, тобто на розумінні автомобіля як транспортного засобу, в якому **корпус є основним функціональним та структурним елементом.**

За таких передумов схема класифікації повинна відповідати вимогам транспорту та виробництва, щоб після узгодження назв кузовів можна було перейти до подальших класифікаційних відмінностей, що цікавлять споживача або виробника. Залежно від необхідності ці відмітні ознаки можна зіставити у класифікації або укрупнено, або докладно.

4.1 Класифікація за формою

Назви кузовів легкових автомобілів вимагають пояснення. Номенклатура у багатьох країнах різна, хоча значної частини назв – міжнародна.

Седан – англ. saloon, амер. sedan, італ. berlina, польська. kareta – дво- або чотиридверний кузов на 4-5 місць (рис. 4.1, а). Італійці для невеликих кузовів застосовують зменшувальну назву

berlineta.

Універсал – нім. kombi (прийнято у Польщі), англ. estate, амер. stationwagon, італ. familiare, франц. break – характеризується вагонним компонованням задньої частини кузова (рис. 4.1, b).

Кабріолет – 4-6-місний кузов зі складним дахом та знімними стійками бічних вікон (рис. 4.1, c). Німці для 6-місного кабриолету застосовують назву phaeton.

Faux-cabriolet (франц. – буквально фальшивий кабриолет) характеризується стійкою, що забирається, між вікнами бічної стіни (рис. 4.1, d).

Лімузин – висококомфортбельний кузов, у якому водій відділений від пасажирів скляною перегородкою. Пасажирських місць зазвичай 3-5, можливі ще 2 місця на додаткових відкидних сидіннях (рис. 4.1, e).

Кабріолімузин – кузов зі складним дахом, але з боковинами, що не забираються (рис. 4.1, f).

Купе – кузов 2-місний, але з двома додатковими місцями ззаду (рис. 4.1, g).

Родстер – амер., англ. roadster; франц., італ., амер. spider – 2-місний закритий або відкритий кузов. Відкритий родстер може мати складний дах (як у кабриолету), неутеплений – для літа, або жорсткий (hardtop – англ.) з пластмаси, що закріплюється на зиму замками (рис. 4.1, h).

Торпедо – повністю відкритий 4-6-місний кузов без даху та бокового скла та з відкидним переднім склом (рис. 4.1, i).

З історичних міркувань слід згадати різновиди кузовів, що не застосовуються в даний час, такі, як coupe de ville – франц. (рис. 4.1, j) та laundoulet – франц. (Рис. 4.1, k).

За формою кузова ділять на два основні види – класичні та вагонні. У кузові класичної форми (рис. 4.2) моторний відсік розміщений за межами приміщення водія та пасажирів та утворює окремий елемент форми.

При вагонному компонованні (рис. 4.3), кузов є монолітом, оскільки двигун розміщений у межах приміщення водія та пасажирів. Обидва види кузова можуть бути віднесені до двох груп форм: седани, комбі, купе та ін., призначені для перевезення людей, камери, що ізолюють вантаж від навколишнього

середовища, фургони та ін. для перевезення товарів чи обладнання. Окремі групи кузовів відрізняються частою зміною форми за рахунок кількості дверей чи вікон, наявністю люка зі зсувним дахом, висотою бортів вантажного кузова тощо.

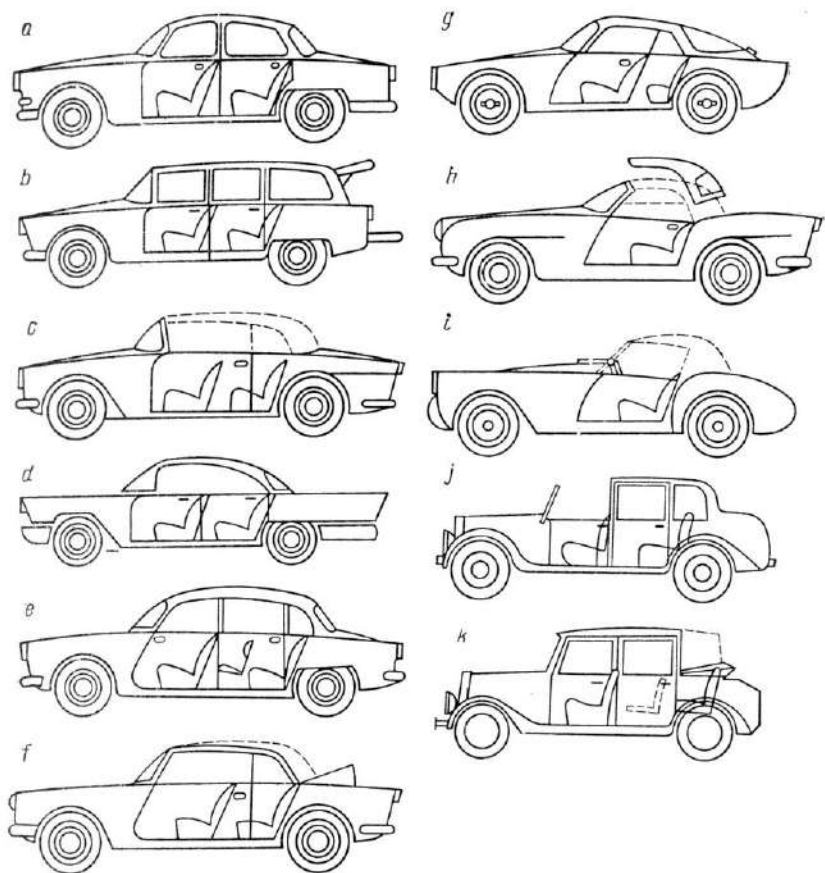


Рисунок 4.1 – Форми кузовів легкових автомобілів

4.2 Класифікація за призначенням

Кожен кузов призначений для виконання транспортної операції, яка відповідно до властивостей вантажу визначає особливість споживчої функції. У цьому плані кузова діляться призначені для перевезення людей, вантажу та засобів

обслуговування, а далі – на класи, зумовлені кількістю пасажирів і вантажу чи видом обслуговування.



Рисунок 4.2 – Автомобільний кузов класичної компоновки

У класах є поділ на моделі цієї споживчої функції. Наприклад, кузова індивідуального класу, тобто кузова легкових автомобілів, мають моделі: масову, люкс, спортивну та інші.

Кузова масового класу, тобто кузова автобусів, що додатково розділяються за місткістю пасажирів. За часом перевезення людей, що вимірюється на добу, ділять кузова для перевезення тривалістю менше доби (звичайні) і більше доби (житлові).

У класифікації кузовів вантажних автомобілів головну роль грає вид вантажу, тобто його фізичний стан – рідкий, твердий тощо. Оскільки вантаж робить великий вплив на кузов, це відбивається на подальшій класифікації – за температурою, необхідною для вантажу що перевозиться.

У температурному відношенні кузова можуть бути з ізоляцією або без неї, з охолодженням або з підігрівом, за вантажопідйомністю – кузова для важких, середніх та легких вантажів. Кузови для перевезення вантажів повинні бути пристосовані до системи перевезення, що залежить від упаковки та вантажно-розвантажувальних робіт.



Рисунок 4.3 – Приклад кузова вагонної компоновки:
експериментальна версія «мінівена ЗАЗ»
створена на основі серійного ЗАЗ-965 (1960-ті роки)

Вантаж може перевозитися навалом, на піддонах, контейнерах і в одній або декількох уніфікованих упаковках. Навантаження, як і розвантаження, може бути поштучним, ручним або механізованим або загальним за допомогою механізмів кузова або сторонніх пристроїв. Деякі вантажі можна розвантажувати перекиданням кузова.

Кузови різних служб, призначені для перевезення відповідного обладнання, у галузевому відношенні поділяються

на моделі кузовів для служб: медичної, торгівлі, комунальної та військових служб, тощо. У кожному класі так багато моделей кузовів та варіантів їх оснащення, що у схемі класифікації має вийти близько 400 позицій, необхідних у розвиненому господарстві.

4.3 Класифікація за технічними даними

Оздоблення та оснащення кузова до уваги не приймаються через їх замінність та варіантність. Корпус не змінюється у виробництві і не має варіантів. Корпус характеризується низкою технічних даних, що утворюють системний ряд класифікації. До основних технічних даних корпусу слід зарахувати показники жорсткості.

Жорсткість на вигин та кручення є показником, який найбільшою мірою визначає якість кузова. Гнучкий корпус кузова, що піддається значним деформаціям, не сприймає належним чином вигину, якщо недостатньо жорсткий на кручення, і тому хороші кузова повинні мати жорсткий корпус.

3 погляду структури корпусу кузовів діляться на класи: спільно працюючі, інтегральні та несучі. Ці класи найбільше залежать від виконання основи кузова. Інші частини корпусу в більшості випадків не відрізняються з точки зору необхідної жорсткості при монтажі у виробництві, а також міцності та герметичності під час експлуатації.

Корпус визначається як спільно працюючий, якщо він взаємодіє з рамою шасі. Пов'язаний він з рамою болтовим кріпленням через неметалеві прокладки, що оберігають його від контактної корозії і компенсують неминучі розмірні невідповідності між рамою шасі і основою кузова.

Ці прокладки, однак, не є пружними елементами, і тому корпус кузова взаємодіє з рамою. Відношення жорсткості кузова до сумарної жорсткості рами та кузова, виражене у відсотках, характеризує цю взаємодію. За попередньою оцінкою для вантажних автомобілів ця величина коливається не більше 5-15 %, легкових 40-80 %, автобусів 50- 80 % і фургонів 70-90 %.

Для інтегрального корпусу характерним є вбудовування лонжеронів і поперечин рами в нижню частину кузова, а також жорстке з'єднання нижньої частини зі стінами кузова.

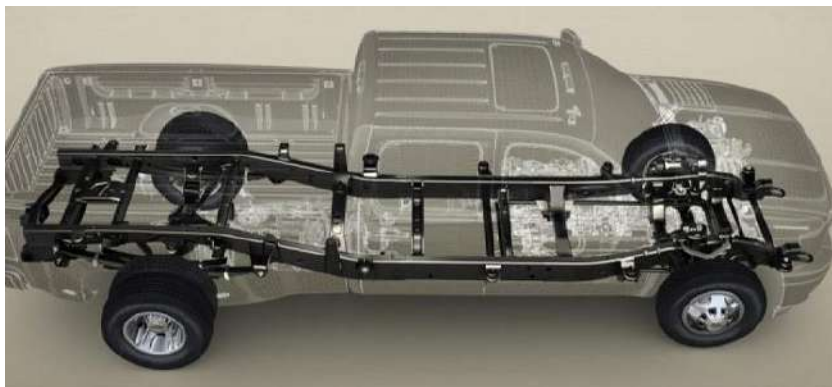


Рисунок 4.4 – Рамна конструкція автомобіля Dodge Ram

Таке виконання часто називається несучою основою. Це, однак, неправильно з точки зору незначної ролі нижньої частини інтегрального корпусу у сумарній жорсткості: у легкових автомобілях 5-20 %, в автобусах 5-15 % та у фургонах 5-10 %.

Нижня частина інтегрального корпусу відіграє важливу роль у передачі поздовжніх сил та розподілі вертикальних зосереджених сил. Незначна участь рами шасі у міцності та загальній жорсткості автомобіля дозволила повністю усунути раму шасі, що класифікує корпус як несучий. Агрегати двигуна та шасі кріпляться безпосередньо до відповідних точок кузова.

Спосіб їх кріплення повинен бути обраний з урахуванням основних принципів міцності тонкостінних конструкцій, чутливих до великих зосереджених навантажень, що діють перпендикулярно до поверхні, і дуже стійкі проти сил, що діють у площині елементів конструкції. При складанні деяких агрегатів шасі, зокрема підвіски ходових коліс, нерідко застосовують допоміжні візки. Жорсткість автомобіля з несучим кузовом на 100% забезпечується корпусом кузова.

Корпуси кузовів відповідно до структурної моделі діляться на каркасні, напівоболонкові та оболонкові. Окремі моделі визначають спосіб виконання конструкції корпусу. У каркасній моделі – практично у вигляді ферми або рами – обшивка не відноситься до елементів, які є несучими. Напівоболонкова модель характеризується поділом сприйняття напруг: стискаючі

та розтягувальні сприймаються каркасом, а зрізу – обшивкою. В оболонковій моделі обшивка приймає також і звичайні напруги.

У світлі класів і структурних моделей корпусу втрачає актуальність застосовуване ще досі поняття несучого корпусу кузова. Корпус завжди є щонайменше працюючим спільно.

Непрацюючих чи ненесучих корпусів фактично немає. Теоретично такий корпус можливий, але практично отримати його не можна, враховуючи, наприклад, міцність віконних та дверних отворів, необхідну для кріплення шибок або герметизації кузова.

Якщо розрізняти кузова за матеріалом корпусу, то основним матеріалом є листова сталь. Останнім часом все частіше застосовуються легкі сплави, особливо у автомобілях, призначених для перевезення товарів та засобів обслуговування. Для корпусів одиничного або малосерійного випуску часто застосовуються пластмаси.

Останнім прийнятим класифікаційним показником для корпусів є вид з'єднань елементів. Еластичні з'єднання застосовуються там, де потрібна ізоляція будь-якого елемента корпусу від навантажень. Всі види з'єднань можуть бути роз'ємними або нероз'ємними.

4.4 Програмування та класифікація

Класифікація кузовів за принципом розподілу форм, а також залежно від функції та структури дозволяє отримати цілісне уявлення про кузов. Це необхідно для порівняння планованого перспективного рівня з існуючим з метою складання програми.

Прийняті критерії класифікації дають можливість коротко охарактеризувати як кузов щодо форми, призначення, корпусу, а й технологію виготовлення. Поділ, наприклад, на класи структур означає практично спосіб монтажу трьох груп автомобіля (двигун, шасі та кузов). Модель структури дуже багато говорить про технологію формоутворення елементів кузова.

Матеріали корпусу також можна досить детально перевести на необхідні технологічні параметри і надалі – на верстатний парк, виробничі площі тощо. Визначення з'єднань кузова має докорінне значення для технології з'єднань та монтажу, а тим самим для оснастки та площі.

Відомості, що містяться в класифікації, для практичних цілей можуть бути більш повними, ніж на наведених схемах. Відповідне кодування відомостей дозволяє швидко перетворювати їх засобами обчислювальної техніки на вибірки інформаційних даних, варіанти планів і матриці рішень.

4.5 Несучі та напівнесучі кузови

Основними вузлами автомобіля є:

- ведуча частина – двигун в комплекті з обладнанням, коробка передач з управлінням, карданний вал, паливний бак, вихлопна система та ін.;
- ходова частина – передня вісь з кермовим приводом та задній приводний міст з колесами та ресорами;
- рама шасі, до якої прикріплені ходова та приводна частини, все це загалом утворює так зване шасі автомобіля;
- кузов, призначений для розміщення вантажу, що перевозиться, або пасажирів.

Кузов кріплять до шасі. В автобусах кузова, що включають також місце водія, виконують у вигляді закритої заклоїної коробки. У автомобілях, що служать для перевезення вантажів, кузов складається із двох основних частин:

- а) кабіни водія;
- б) власне кузова (корпусу) або вантажної платформи, де розміщують вантаж.

Представлена вище схема автомобільних агрегатів відноситься до напівнесучої конструкції. Згинальні моменти від ваги вантажу сприймаються головним чином несучими елементами (лонжеронами) рами. Так як кузов лежить на рамі і жорстко з нею з'єднаний, то частково згинальні моменти сприймаються (від лонжеронів рами) боковинами кузова. Таким чином, при сприйнятті вертикальних навантажень здійснюється взаємодія між рамою та кузовом.

Характер цієї взаємодії залежить від двох чинників:

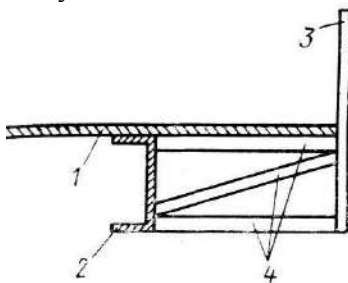
- а) способу з'єднання корпусу кузова з рамою;
- б) співвідношення жорсткостей на вигин несучих елементів рами та боковини.

Ця взаємодія має бути завжди ретельно розрахована, якщо ми

хочемо отримати легшу конструкцію всього автомобіля.

Розглядаючи несучу основу та боковини корпусу кузова як єдину систему, що працює на вигин, можна отримати легшу несучу основу, якщо частина навантаження що сприймається ним передається на боковини кузова. Те, як передається навантаження від несучої основи на бічні стінки корпусу, значною мірою залежить від способу зв'язку обох цих частин.

Як приклад конструктивного рішення, що часто застосовується в автобусах, на рис. 4.5 показана так звана – конструкція несучого кузова.



1- підлога; 2- несучий елемент;
3-бокова стінка; 4- трубчастий аутригер

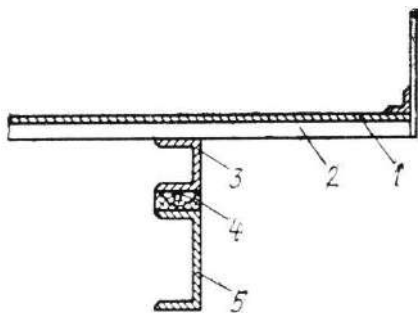
Рисунок 4.5 - Схема несучої конструкції кузова

Несучими елементами є лонжерони швелерного перерізу, штамповані з листа. Несучі елементи можуть бути виконані у вигляді ґратчастої балки, звареної зі сталевих труб. До лонжеронів прикріплені на певній відстані аутригери, виконані з труб або листа.

До аутригера приєднані вертикальні елементи – шпангоути, пов'язані між собою листами обшивки стінки. Цілком очевидно, що несучий елемент, деформуючись (прогинаючись), передає навантаження на лист обшивки стінки та залучає у взаємодію всю стінку.

Інший спосіб з'єднання (часто застосовується у фургоні) представлений на рис. 4.6. Це типова напівнесуча конструкція кузова. У цій конструкції на несучому елементі шасі лежить тонка (приблизно 10-20 мм) дерев'яна дошка, що виконує

функцію амортизатора. На цю ж дошку спирається рама підлоги, яка складається з низьких несучих елементів – лонжеронів та поперечок, розміщених з відповідним кроком, і на які спирається підлога.



- 1 – лист обшивки (підлога); 2- поперечина рами підлоги;
3 – несучий елемент рами підлоги; 4- дерев'яна дошка;
5- несучий елемент шасі

Рисунок 4.6 – Схема напівнесучої конструкції

Підлога може бути виконана, наприклад, з дерев'яних дощок або тонкого сталевго листа (близько 1,5 мм), посиленого знизу додатковими поздовжніми рейками (швеллерами або косинцями).

Основою несучої конструкції є відповідним чином посилений корпус кузова, що виконує функцію рами. До корпусу безпосередньо прикріплені ресори, на які підвішені осі разом із колесами. Ресори можуть бути листовими у вигляді спіральних пружин, пневматичних балонів або іншими.

Зауважимо лише, що застосування несучого кузова сприяє тому, що порожній автомобіль (без вантажу та палива) виходить у середньому на 5 % легше. Такі конструкції кузовів застосовують у автобусах, у яких дбають про мінімальну відстань між підлогою та дорогою.

У сучасних автобусах ця відстань становить приблизно 670 – 700 мм. Вхід і вихід пасажирів у цьому випадку значно полегшується, тому що при низько розташованому полі потрібна лише одна сходинка. Крім того, центр тяжіння повністю завантаженого автомобіля знаходиться нижче, що підвищує його бічну стійкість на поворотах.

4.6 Кузови легкових автомобілів

Кузови легкових автомобілів ділять на типи в залежності від числа рядів сидінь, дверей і від пристрою даху (закриті кузова, що відкриваються).

Закриті кузова набули найбільшого поширення, оскільки вони забезпечують пасажирам зручності у різних кліматичних умовах. Їхня замкнута просторова конструкція має велику міцність, жорсткість і, отже, безпеку, а гладка поверхня даху покращує обтічність автомобіля.

Найпоширеніший тип закритого кузова автомобілів всіх класів дворядний, чотиридверний. На автомобілях, розрахованих на експлуатацію їх індивідуальними власниками, тобто на заповнення найчастіше лише одного – двох передніх місць у кузові, для спрощення конструкції застосовують дві двері (по одній у кожній боковині кузова).

У цьому випадку для доступу до задніх сидінь потрібно відкинути вперед передні сидіння або спинки. Різновид чотиридверного кузова – кузов із перегородкою за спинкою сидіння водія, зазвичай трирядний, з одним рядом відкидних сидінь.

Кузов цього типу застосовується на автомобілях вищого класу та на автомобілях-таксі. Сидіння водія автомобіля-таксі доцільно робити одномісним, а сусіднє з ним пасажирське – відкидним, щоб мати при необхідності додаткове приміщення для багажу.

Кузови, що відкриваються, застосовують при експлуатації автомобілів в районах з м'яким кліматом і для спеціальних цілей. Заміна жорсткої верхньої частини корпусу закритого кузова складним або знімним верхом послаблює корпус в цілому, тому доводиться посилювати нижню частину.

Конструктивне виконання кузовів, що відкриваються, буває різним. Найпростіший вид кузова, що відкривається в даний час тільки на автомобілях спеціального призначення і спортивних – кузов з матер'яним легким тентом і знімними боковинками з матерії і прозорого пластику встановлюються в рамках на дверях.

4.7 Кузови вантажопасажирських автомобілів

На базі легкових автомобілів випускаються вантажопасажирські автомобілі.

Крім того, є автомобілі з кузовами-універсалами (комбі) вагонного типу на базі легкових автомобілів; при цьому у разі заднього розташування двигуна розміри бічних дверей збільшено.

Інший менш поширений тип кузова вантажопасажирського автомобіля – пікап. Це невелика відкрита зверху платформа за кабіною водія з бортами, відкидними лавками вздовж них і з відкидним (або) заднім бортом.

Іноді над платформою на стійках зміцнюють жорсткий дах із боковинками з дерматину та прозорого пластику або сітки (критий пікап). Пікапи застосовуються в невеликих господарствах, універсали – також для доставки пошти, пасажирів та багажу до залізничних станцій, готелів, аеродромів, санаторіїв.

4.8 Автобусні кузови

Кузови автобусів розрізняють за призначенням, місткістю та розташуванням механізмів шасі щодо кузова. Автобуси можуть бути призначені для міських, міжміських, туристських та службових перевезень. Відповідно до призначення, автобуси можна розділити на три основні типи:

- а) міські;
- б) міжміські;
- в) туристські.

Ці типи відрізняються конструкцією та інтер'єром. Залежно від призначення автобуса до його кузова висувують різні вимоги.

Кузови міських автобусів закриті; у них забезпечуються зручний вхід, вихід та переміщення пасажирів усередині кузова.

Пасажири в міському автобусі знаходяться нетривалий час, внаслідок чого кількість сидінь може бути обмежена і вони можуть бути розміщені порівняно близько одне до одного.

Над колісними кожухами, що виступають у кузов, сидіння може бути поставлено поздовжньо. В результаті такого планування створюються широкий прохід та просторі

майданчики біля входних та вихідних дверей, розташованих у правій боковині. Для входу зазвичай слугують задні двері, що забезпечує найбільші зручності для пасажирів; але існують конструкції автобусів, у яких входні двері розташовані спереду. Двоповерхові міські автобуси у колишньому СРСР донедавна небули поширені.

Міжміські та туристські автобуси мають лише поперечні сидіння, поставлені досить вільно, що необхідно для забезпечення пасажиром найбільших зручностей під час тривалих поїздок. При такому розташуванні сидінь потрібно збільшувати відстані між сидіннями біля колісних кожухів, щоб зберегти достатньо місця для ніг пасажирів, внаслідок чого скорочується корисний простір кузова.

У зв'язку з цим у нових конструкціях міжміських автобусів бічна частина підлоги кузова піднята над рівнем проходу, а простір, що утворився під сидіннями, зайнятий багажними ящиками, доступ до яких можливий зовні (у колишніх конструкціях автобусів для багажу були полиці і сітки під стелею і огорожі на стелі).

Оскільки в міжміському автобусі пасажир не повинен стояти, то в проході нерідко встановлюють відкидні сидіння. Для входу та виходу пасажирів можуть бути зроблені тільки одні двері (спереду праворуч).

У туристських автобусах для збільшення оглядовості частину даху роблять такою що відкривається або заскленою. У південних районах застосовуються відкриті туристські автобуси без вікон, з тентом або жорстким дахом на стійках.

На деяких туристських автобусах ряди поперечних сидінь виконані суцільними по п'ять місць без поздовжнього проходу між рядами.

За кількістю місць автобуси поділяють на особливо малі на 8-12 місць (мікроавтобуси), малі на 21-25 місць для сидіння та 10-13 місць для стояння (у міських автобусах), середні на 29-35 місць для сидіння та 20-25 місць для стояння, та великі на 37-45 і більше місць для сидіння та 30-50 для стояння.

За розташуванням механізмів, автобуси поділяють на три основні типи.

1) Автобуси на базі вантажних автомобілів, агрегати шасі

яких переважно взаємозамінні з агрегатами вантажних автомобілів. Шасі таких автобусів відрізняється від шасі вантажного автомобіля головним чином подовженою рамою та м'якшою підвіскою. У автобусів цього типу мало використані площа і вантажопідйомність шасі при влаштуванні пасажирського приміщення; вони відрізняються поганою маневреністю та великою власною вагою, внаслідок чого ці автобуси не знаходять застосування.

2) Автобуси з висунутим вперед керуванням (Англія), в яких сидіння водія розташоване поруч із двигуном. В автобусах цього типу площа шасі використовується більше, а частина агрегатів взаємозамінна з агрегатами вантажних автомобілів (двигун, силова передача, задній міст, іноді передній міст та кермо). Такі автобуси мають задовільну маневреність.

3) Автобуси вагонного типу з силовим агрегатом, розташованим у передній чи задній частині кузова або під його підлогою. В автобусах вагонного типу максимально використано габарити; автобуси мають високу маневреність, порівняно низьку власну вагу і хорошу оглядовість з місця водія. У конструкції автобуса вагонного типу відсутній складний вузол оперення – капот, облицювання радіатора та крила.

Ці переваги вагонних автобусів сприяють дедалі ширшому використанню їх для міських та міжміських перевезень.

Недоліками автобусів вагонного типу із двигуном, розташованим попереду, є: перевантаження переднього моста; ускладнена ізоляція пасажирського приміщення двигуна; довгий, схильний до вібрації карданний вал, для розміщення якого іноді потрібно підвищувати рівень підлоги.

При установці силового агрегату під підлогою автобуса циліндри двигуна мають бути розташовані горизонтально. Однак такий двигун поки що не набув широкого поширення.

У разі розташування двигуна в задній частині кузова автобуса забезпечується компактність силової установки та доступність для її огляду та монтажу; при цьому внаслідок відсутності карданного валу під підлогою кузова можна опустити підлогу, зменшити габарити і вагу автобуса. При такому розташуванні двигуна газ, тепло та шум при роботі двигуна не проникають у кузов. Крім того, усувається навантаження

переднього мосту.

Однак при цьому дещо ускладнюються приводи системи керування двигуном, зчепленням та коробкою передач, а також охолодження двигуна.

Крім автобусів зазначених типів, є вантажопасажирські автобуси з поздовжніми сидіннями вздовж боковин та дверима у задній стінці або з багажним відсіком у задній частині кузова. Такі автобуси призначені для міжрайонних та внутрішньорайонних сполучень. Випускаються також міжміські півтора- та двоповерхові автобуси.

Міські автобуси не мають багажників; в них переважає обмежена кількість місць для сидіння як для забезпечення найбільшої корисної площі для пасажирів, що стоять, так і для максимального збільшення кількості пасажирів, що перевозяться.

Їх обладнують щонайменше двома широкими дверима (шириною 1200-1400 мм), а останнім часом з'являються чотиридверні міські автобуси, що дозволяє здійснити найшвидший пасажирообмін. На рис. 4.7 показано схему автобуса з двома дверима, що знаходяться у звисах.



Рисунок 4.7 – Дводверний міський автобус ЛиАЗ-5256

У дводверному автобусі одні двері можуть бути розміщені не в задньому звисі, а перед заднім колесом (рис.4.8).



Рисунок 4.8 – Дводверний міський автобус ЗАЗ А-10

На рис. 4.9 представлена схема розміщення чотирьох дверей з широкими (1200-1400 мм) подвійними дверима в середній частині.



Рисунок 4.9 – Чотирьохдверний міський автобус РоАЗ-5236AD

Двигун розміщений у звисі автобуса за заднім мостом. Це дає такі переваги:

- можливість зниження рівня підлоги;
- зменшення шуму усередині автобуса;
- найкраще використання площі підлоги;

- збільшення надійності гальмування;
- легкий доступ до двигуна.

Міський автобус багажників не має. Міжміські та туристські автобуси, в яких є лише місця для сидіння, обладнані багажниками, розміщеними під підлогою, тому такі автобуси дещо відрізняються від попередніх. Дві двері, але більш вузькі (1000 мм), ніж у попередній конструкції, розміщені спереду та ззаду.

У туристських автобусах, як і у міжміських, є лише місця для сидіння. Сидіння в туристських автобусах розміщені вільніше, ніж у міжміських, щоб тривала подорож була зручнішою. Відстань між сидіннями, що у туристських автобусах становить 1000-1100 мм, у міжміських може бути зменшено до 900 мм, а міських навіть до 800 мм (750 мм).

Рівень підлоги для зручності пасажирів повинен бути якомога нижчим. Конструкція кузова сучасного автобуса (незалежно від його типу (міський, міжміський, туристський) в основному однакова. Корпус кузова виконують у вигляді каркасу зі сталевих труб, покритих листовою обшивкою. Для каркасу застосовують труби прямокутного або квадратного перерізу.

Товщина листа обшивки дорівнює 1 мм. Застосовують і тонші листи, наприклад 0,8 мм, проте при використанні листа такої товщини ускладнюється виробництво (частіше виникають хвилеутворення), а крім того, він менш корозійно стійкий. У той же час, при більшій товщині листа значно збільшується маса всього кузова.

Середня площа листового покриття (бічні та передні стінки та дах) становить близько 50 м^2 . Так як 1 м^2 сталевих листа товщиною 1 мм має масу близько 8 кг, маса всього листового покриття становить приблизно 400 кг. Зі збільшенням товщини листа до 1,5 мм маса збільшується на 200 кг.

Однак, можна значно знизити цю масу. У першому наближенні можна прийняти, що на 1 м^2 довжини кузова припадає в середньому 200-230 кг маси конструкції (кузова).

Після завершення конструювання кузова можна розрахувати його масу та порівняти з прийнятою. У ходовій частині маса коліс, головної передачі та коробки передач майже завжди відома. Маса основи можна легко розрахувати, знаючи його

конструкцію. Попередньо можна прийняти, що на 1 м довжини основи припадає 60-80 кг.

Масу приводної частини легко оцінити, знаючи масу двигуна з обладнанням, а також радіатора та підвіски. Масу баків можна розрахувати за обсягом. У середньому можна попередньо прийняти, що питома маса по довжині приводної частини коливається не більше 5,5-7 кг/м.

4.9 Кузова вантажних спеціалізованих автомобілів

Кузов вантажного автомобіля складається з власне кузова для вантажу, кабіни водія та оперення. В якості кузова для перевезень різних вантажів, тривалий час майже виключно застосовувалася платформа з відкидними бортами. Пізніше виникла потреба у вантажних автомобілях зі спеціалізованими кузовами, що мають високі ґратчасті борти, з фургонами (закритими кузовами), кузовами-самоскидами тощо.

Спеціалізовані кузова мають деякі переваги в порівнянні з платформою, оскільки звичайна платформа з відкидними бортами нормальної висоти (близько 600 мм) дозволяє перевозити тільки вантаж об'ємною масою 0,7-0,8 т/м³.

Для перевезення найбільш поширених (легких) вантажів необхідно влаштовувати на платформі додаткові огорожі або потрібна складна установка та кріплення вантажу. Такі вантажі, як сільськогосподарські продукти, товари широкого споживання в тарі, порожня тара, худоба, сіно, солома тощо, необхідно перевозити на платформах із високими бортами.

Тяжкі сипкі вантажі (пісок, асфальт, щебінь, цемент, зерно) під час перевезення просіюються через щілини дерев'яного кузова, а при розвантаженні їх через борти потрібно багато праці та часу. Крім того, значну частину промислової продукції необхідно перевозити в закритих кузовах, а продукти, що швидко псуються — в кузовах-холодильниках. Тому потреба в автомобілях із спеціалізованими кузовами величезна.

ґратчастий кузов на відміну від платформи з низькими відкидними бортами має знімні високі борти. Зважаючи на громіздкість і порівняно велику вагу, такий борт на автомобілях великої вантажопідйомності робиться складовим з двох-трьох ланок, скріплених петлями зі сполучними штифтами, що

дозволяє, не знімаючи борти, відкривати будь-яку його частину, як стулку дверей.



Рисунок 4.10 – Автомобіль-фургон малої вантажопідйомності CITROËN Berlingo

У гніздах опорних стійок, борт закріплений за допомогою натяжного пристосування. Висота борту решітчастого кузова залежить від частки вантажу, для перевезення якого призначений кузов. Конструкція підлоги та бортів кузова дозволяє замінювати борти, додавати або знімати одну чи дві дошки борту.

Вантажні закриті кузови типу фургон набувають все більше широкого поширення. Вони придатні для перевезення будь-яких вантажів, крім довгомірних, і забезпечують найбільшу безпеку вантажу під час перевезення. Для автомобілів-фургонів малої вантажопідйомності часто використовують змінений кузов типу

універсал. При цьому задні бічні двері замінюють суцільною панеллю.

Спеціалізовані кузови, наприклад самоскиди, іноді важчі і складніші за платформи, але їх застосування виправдовується кращим використанням об'єму кузова, збереженням вантажів і скороченням часу простою вантажного автомобіля під навантаженням і розвантаженням.

Крім розглянутих кузовів є багато інших видів кузовів вантажних автомобілів, але більшість їх не є типовими і уніфікується з вже описаними кузовами – звичайними платформами, платформами з ґратчастими бортами, фургонами, цистернами і т.п.

Деяке поширення набули універсальні кузови, які можуть використовуватися у вигляді різних платформ – без бортів або з низькими бортами, з високими решітчастими бортами та лавками або у вигляді платформ з високими бортами та тентом. Для установки стійок та бічних бортів на такій платформі є гнізда.

Задній борт зроблений на петлях звичайного типу. У гнізда вставляють стійки бортів-решіток, на яких укріплені кронштейни та навішування відкидних ослонів.

У відкинутому положенні лави утворюють суцільну решітку борту, в опущеному – служать для сидіння, причому верхні планки решітчастих бортів служать спинками. У стійки бортів можна вставити дуги даху і зміцнити брезентовий тент.

Кабіни водія роблять найчастіше закритими, дво- або тримісними. Кабіни з верхом, що відкривається, застосовують тільки для автомобілів спеціального призначення. У багатьох сучасних конструкціях вантажних автомобілів кабіна зсунута вперед і встановлена (частково або повністю) над або перед двигуном, внаслідок чого збільшується корисна ємність кузова без збільшення габаритних розмірів автомобіля та покращується оглядовість з місця водія. Такі кабіни називають передніми на відміну від кабін, розташованих позаду двигуна.

Недолік автомобілів з передніми кабінами – перевантаження передніх коліс та недовантаження задніх (особливо під час руху без вантажу), що обмежує сферу застосування автомобіля. Тому передні кабіни, як правило, встановлюють на автомобілях з усіма приводними колесами або на автомобілях (якщо приводні колеса

– задні), призначених для руху тільки в містах та магістралях з твердим покриттям.

Інший недолік цих автомобілів – незручний доступ до двигуна. Для покращення доступу кабіну нерідко виконують відкидну. Ці недоліки вплинули на поширення передніх кабін.

4.9.1 Фургони

Фургони на відміну від відкритих транспортних кузовів мають закриті корпуси, призначені для транспортування вантажів, які необхідно захистити від атмосферного впливу або захистити від розкрадання. Фургони набувають все більшого поширення, та їх випуск найближчим часом має перевершити випуск бортових платформ.

Розрізняють фуртони, криті брезентом, натягнутим на дуги, повністю закриті – корпус з жорстким дахом. При конструюванні фургона необхідно вирішити питання про його внутрішню ширину та повну висоту або (при даній довжині) питання вантажного простору. Максимально допустима ширина зовнішньої частини за міжнародними нормами прийнята 2500 мм. Зовнішня ширина корпусу фургона дорівнює 2 450 мм.

Однак істотною є ширина внутрішньої частини, яка повинна бути якомога більшою. Тому конструювати необхідно так, щоб стінки мали мінімальну товщину. У наведеному прикладі товщина кожної зі стін становить лише 25 мм, так що ширина внутрішньої частини вантажного приміщення дорівнює 2 400 мм. При цьому слід звертати увагу на питання використання вантажних майданчиків (палетизації).

Таким чином, ширина і довжина фургона повинні бути підібрані так, щоб можна було залишити розмістити найбільше число вантажних майданчиків. При цьому між вантажними майданчиками і стінками фургона не повинно залишатися простору, що не використовується.

Те саме відноситься до висоти внутрішньої частини фургона. Зазори між вантажними майданчиками повинні перевищувати 2-3 см. Висота фургона залежить від діаметра коліс.

Відстань від основи кузова до землі має бути такою, щоб при повному прогині вузлів, що амортизують, тобто ресор і коліс, проміжок між підлогою – і колесом був не менше 5 см.



Рисунок 4.11 – Фургон-рефрижератор Hyundai HD35

Це визначається тим, що у фургоні вся підлога повинна бути плоскою для використання її під вантажні майданчики, у той час як, наприклад, в автобусі колісні ніші, що виступають всередину, не перешкоджають розміщення над ними пасажирських сидінь.

З цих міркувань рівень підлоги над землею у фургоні завжди значно вищий, ніж у автобусі. Однак підйом підлоги над землею не повинен перевищувати 1100 мм для легкості завантаження та вивантаження. Висота внутрішньої частини фургона зазвичай дорівнює близько 2 м, а повна висота фургона становить близько 3 м. Висоту цю можна збільшити ще, проте вона не повинна перевищувати висоти 4 м, визначеної дорожніми стандартами (проїзди під віадукми).

Слід звернути особливу увагу на герметизацію дверей, щоб усередину кузова не проникала не лише вода, а й дорожній пил.

При розрахунках фургона на міцність лонжерони шасі повинні бути розраховані на вигин від корисного навантаження, а підлога фургона також від ваги вантажу.

Фургон-рефрижератор є спеціальним видом транспорту великої вантажопідйомності. Такий фургон призначений для перевезення продуктів, що швидко псуються, таких, як м'ясо, риба, фрукти, овочі, тощо. Низька температура всередині приміщення гарантує збереження належної свіжості продукту, що перевозиться.

Тому в них застосовують спеціальну конструкцію стін, підлоги, даху та дверей, описану далі. Корпус фургона дозволяє отримати мінімальний теплообмін між внутрішньою частиною фургона (з температурою, наприклад, -5°C) та навколишнім середовищем, температура якого влітку може сягати $+30^{\circ}\text{C}$, а тропічних країнах навіть до $+60^{\circ}\text{C}$.

Тому всі стіни корпусу фургона повинні бути добре утепленими. Це досягається їхньою спеціальною конструкцією. Між двома тонкими стінками розміщують відповідної товщини ізоляційний шар (приклеєний до стінок), що в даний час найчастіше виконується з поліуретанової губки. Для підлоги, де потрібна поліуретанова серцевина високої твердості, застосовують поліуретанову губку.

Для бічних стін, які необхідно утеплити, цілком достатньо поліуретанової губки з питомою вагою близько 50 кг/м^3 . Для прокладок кузова-рефрижератора можна використовувати різні матеріали.

Внутрішня обшивка з точки зору необхідності запобігання корозії та насичення запахами – товарів, що перевозяться, наприклад м'яса, повинна бути з листа нержавіючої сталі або з ламінату. Стіни можуть бути виконані з фанери, сталевого або алюмінієвого листа, іноді з ламінату.

Для фургона довжиною близько 5 м, маса ізоляційного шару з поліуретану становить 450-500 кг. Маса сталевих обкладок (товщина 1 мм) дорівнює приблизно 1 000 кг.

Маса прокладок із ламінату (товщиною 2 мм) становить близько 500 кг. Маса внутрішніх прокладок з ламінату (товщиною 2 мм) та зовнішніх панелей з дюралю (товщиною 1 мм) близько 425-450 кг при щільності ламінату 2 кг/дм^3 та

дюраль 2,8 кг/дм³. Прокладки з ламінату повинні бути товстішими, ніж металеві, оскільки мають відносно малу величину модуля Юнга.

Збирати ізоляційний поліуретановий шар можна двома такими способами:

- у простір між двома панелями заливають поліуретан з добавкою ізоціану (10 %), рідина спінюється і застигає у формі губки, рівномірно приклеюючись до стінок, при цьому стінки мають бути хімічно чистими;
- сформовані з поліуретанової губки блоки приклеюють до панелей.

Вибір методу залежить від технологічних можливостей того чи іншого заводу.

4.9.2 Вантажні автомобілі з відкритою вантажною платформою

Автомобілі з відкритою вантажною платформою можна розділити на два види:

- 1) автомобілі з кузовами-самоскидами;
 - 2) автомобілі з платформою з відкидними бортами.
- Автомобілі-самоскиди можуть мати вантажні платформи, закріплені або на шасі, обладнаному двигуном, або на напівпричепі шасі.

4.10 Причепи

Причепи – це причепи, призначені для перевезення важких неподільних вантажів, якими дуже важко або неможливо завантажити або розвантажити інші транспортні засоби.

Характеризується трейлер дуже низькою вантажною платформою (не вище 700 мм над ґрунтом), розташованої на кількох візках, кількість яких залежить від типу причепа або від вантажу, що перевозиться на причепі.

Причип має гідравлічне обладнання, що дозволяє опускати вантажну платформу до рівня землі та шляхом застосування відповідних наїзних містків проводити навантаження, наприклад гусеничного екскаватора.

Потім платформа за допомогою цього обладнання піднімається на відповідну висоту і причип готовий для

буксирування тягачом. Для завантаження або розвантаження платформи одна група візків (передня або задня) може бути від'єднана. На рис. 4.12 показаний один із серійних трейлерів. Це приклад причепа вантажопідйомністю 80 т.

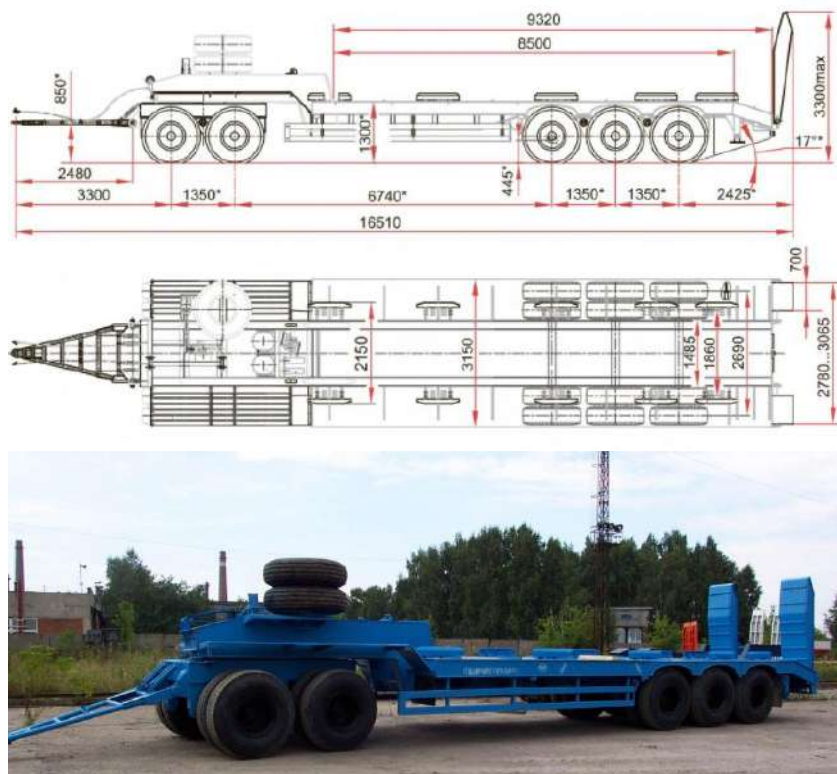


Рисунок 4.12 – Причеп ЧМЗАП 83992
вантажопідйомністю 80 тон

Причепа цього типу призначені для перевезення важких вантажів, таких як будівельна техніка, великі машини, гусеничні транспортні засоби, збірні бетонні конструкції для будівництва, тощо. Показаний на рис. 4.12 причіп вантажопідйомністю 80 т має власну масу 20 т, і, таким чином, повна його маса з вантажем становить 100 т. Відношення власної маси до вантажопідйомності становить 0,4.

4.11 Напівпричепи

Крім транспортних засобів, обладнаних двигуном, є безрухові транспортні засоби, що буксируються, наприклад, за допомогою тягача або автобуса, або вантажного автомобіля. До типу транспортних засобів що буксируються відносяться:

- а) напівпричепи;
- б) причепи.

Існують також напівпричепи-фургони. Ззаду фургона є ходові колеса, спереду – шарнір для зачеплення на сідлі тягача. Очевидно, такий фургон також може бути обладнаний стійками для стоянки.



Рисунок 4.13 – Напівпричеп вантажопідйомністю 75 тон

4.12 Контейнери

Контейнери, строго кажучи, не є кузовами; їх застосовують у масовому транспорті. Швидке зростання популярності контейнерних перевезень мало місце у першій половині шістдесятих років, коли з'явилися великі вантажні одиниці, у тому числі контейнери вантажопідйомністю до 30 т за стандартами ISO (Міжнародна організація стандартизації).

Однією з найважливіших відмінностей трансконтейнерів від контейнерів інших типів є відповідна конструкція кутів, що дозволяє здійснювати перевантаження шляхом підняття (вертикальне навантаження), кріплення під час транспортування, а також з'єднання великого числа (до 6) трансконтейнерів (один на іншому) при морському транспортуванні.



Рисунок 4.14 – Автомобільні контейнерні перевезення

Трансконтейнери виконують у вигляді сталевих, дюралієвих або пластмасових (ламінатних) конструкцій, останні пристосовані для транспортування авіацією через їх легкість. Застосовують також контейнери, виготовлені з березової фанери.

У колишньому СРСР була розроблена конструкція контейнера з ламінатів, що відрізняються легкістю та корозійною стійкістю. В принципі контейнерну конструкцію виконують таким чином, що рама разом з кутками зроблена зі сталі що зварюється, стінки як зі сталі, так і дюралю, ламінату або фанери, приклепаних до рами.

Майбутнє, поза сумнівом, за контейнерами із синтетичних матеріалів (ламінітів), причому така конструкція матиме перевагу у зв'язку з відмінними ізоляційними властивостями.

4.13 Загальні зауваження

Тенденцію розвитку великовантажних автомобілів спрямовано на подальше збільшення корисного навантаження, отже, і навантажень на кожен вісь. Цей напрямок пов'язаний з підвищенням економічності використання важкого транспорту. Це ж питання суттєве і для автобусів, автомобілів-фургонів, бортових автомобілів, самоскидів, сідельних тягачів, тощо.

Особливо велика потреба є у вантажних автомобілях та

самоскидах. Така тенденція є постійною та утримується внаслідок зростання будівництва, як промислового, так і житлового.

Одиночні автотранспортні засоби також характеризуються збільшенням довжини (до 12 м), двочленні транспортні засоби (тягач із причепом) до 16 м, а потрійні (тягач із напівпричепом та причепом) до 22 м. У зв'язку з цим навантаження на передній міст можуть доходити до 8 т (нині 6,5 т), задній міст до 13 т (нині 10 т), на візок задніх мостів до 2-13 т.

При цьому можливі такі колісні формули для повної маси 19 т (нині 16 т): 4x2, 6x2 і 6x4, а потім 8x2 і 8x4 масою до 28 т (нині 24 т). Перша цифра означає кількість коліс, а друга – кількість приводних коліс. Наприклад, формула 6x4 означає, що автомобіль має шість коліс, у тому числі чотири задні ведучі.

У зв'язку з цим виникає потреба у промисловому розвитку коробки передач. Ці коробки матимуть по 6-8 передач, при застосуванні демультиплікатора 12-18 передач, що дасть змогу дуже добре пристосувати частоту обертання двигуна до умов руху та навантаження транспортного засобу.

Кабіна водія, що знаходиться над двигуном, піднімається спереду з метою покращення можливості доступу до двигуна у великих довгомірних транспортних засобах та обладнана двома сидіннями та двома місцями для лежання, відповідно обігрівачем та вентиляцією.

Потужність двигуна (високооборотного) для автомобілів великої вантажопідйомності, що перебуває в даний час в межах 180-250 к.с., піддається еволюції так само, як і транспортні засоби. Потужності повинні бути збільшені до 280 і 380 к.с. у зв'язку із передбачуваним зростанням маси автопоїздів. Такі потужності можна отримати модернізацією двигунів, що виготовляються в даний час, і обладнання їх турбонаддувом.

У майбутньому слід, проте, зважати на необхідність розробки нового сімейства двигунів потужністю до 460 к.с. або навіть до 500 к.с. Питома потужність, яка зараз визначається у межах 10 т на 100 к.с., має знизитися приблизно до 5 т на 100 к.с. для покращення динаміки руху.

Це означає, що для автомобілів великої вантажопідйомності (38-40 т) потужність сягатиме 500-600 к.с., дозволяючи досягати

швидкості руху до 130 км/год. Розглядається також можливість застосування у майбутньому газової турбіни потужністю понад 350 к.с. Газова турбіна дає більші переваги в порівнянні з поршневим двигуном. Експерименти, проведені з турбінними двигунами, що застосовуються на гелікоптерах, дали наочне уявлення про численні переваги турбіни перед поршневим двигуном.

Турбінні двигуни, що застосовуються для вертольотів, працюють в умовах, подібних до умов роботи турбінних двигунів в автомобілях, і до них пред'являють однакові вимоги.

У цих двигунах потужністю 300-500 к.с. питома витрата палива становить 270-300 г/(к.с. год), що можна порівняти з витратою палива поршневим двигуном з іскровим займанням.

Із застосуванням теплообмінників у перспективних конструкціях автомобільних турбінних двигунів витрата палива може знизитися до 100-200 г/(к.с. год) або досягти рівня витрати пального у високооборотних двигунах.

5 КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ В КУЗОВОБУДУВАННІ

Здавна використовуваним конструкційним матеріалом у кузовобудуванні є дерево. Його застосовували з початку виникнення автомобільної промисловості як найбільш доступний матеріал, дешевий і легкий.

У міру розвитку серійного виробництва внаслідок численних недоліків дерева як конструкційного матеріалу (анізотропність, вологопроникність, труднощі з'єднання та отримання ідентичності конструкції, а внаслідок цього непридатність до великосерійного виробництва) конструктори та технологи стали застосовувати матеріали, які більше відповідали потребам автомобільної промисловості, що швидко розвивається.

Одним із таких матеріалів виявилася сталь. З моменту освоєння прокату тонких сталевих листів та вирішення проблеми їх глибокого штампування та зварювання було вирішено найважливіше питання масового великосерійного виробництва.

Таким чином, при масовому виробництві були витіснені дерев'яні каркаси, що встановлюються на перших автомобілях. З введенням прогресивної технології глибокого холодного штампування низьковуглецевих листів малої товщини (близько 0,8 мм) стало можливим створення кузова обтічної форми, значне збільшення розмірів частин, що штампуються, а також спрощення їхніх з'єднань.

Правда, сучасний сталевий кузов складається із значної кількості дрібних штампованих деталей, але їх легко можна з'єднати за допомогою точкового зварювання в підзбирання, з яких остаточно збирають кузов.

З переходом від конструкції з дерев'яним каркасом та листовим покриттям до цілнометалевого корпусу на 12-15 % зменшилася маса кузова та значно збільшилася його міцність. Одночасно суттєво було знижено ціну кузова, спрощено його обслуговування та ремонт.

Як тільки було встановлено, що корпуси металевих кузовів мають високу жорсткість, їх почали застосовувати як несучі елементи для розвантаження рами. Часто кузов як досить

жорсткий елемент усуває застосування рами. Таким чином, з'явилися несучі кузови. Перші несучі кузови були каркасного типу – несучим елементом був каркас. У тридцятих роках 20 ст. була створена безкаркасна конструкція «Сітроен» (CITROEN).

У несучих конструкціях масу кузова можна зменшити, скоротивши товщину листів приблизно до 0,8 мм. Однак несучі кузови найскладніші і дорогі при ремонті. Крім того, тонкі листи важко піддаються глибокій витяжці, тому що вони мають недостатню ударну міцність.

Подальше зменшення маси можливе у разі застосування легких сплавів (алюмінієвих) та пластмас (ламінітів). Поліефірні та епоксидні смоли, що з'явилися (у сорокових роках ХХ століття), що твердіють при температурі та тиску навколишнього середовища, стали застосовувати при конструюванні різних елементів.

Однак у чистому вигляді поліефірні або епоксидні смоли мають низькі властивості міцності. Лише смола, наповнена волокном (скляним, рослинним і т.п.), має високі властивості міцності, а крім того, піддається формуванню без використання дорогих пресів тільки за допомогою гіпсових або дерев'яних моделей.

Внаслідок здатності до полімеризації, як при підвищеній, так і за звичайної температури навколишнього середовища (без тиску) ці матеріали (поліефірні або епоксидні смоли зі скловолокном) витіснили штучні матеріали іншого типу (або замінили сталь) при виготовленні різних елементів автомобіля, наприклад крил, водозбірників пожежних автомобілів тощо.

Різноманітність кузовних матеріалів визначається характером трьох основних складових кузова – корпусу, оздоблення та оснащення. За матеріалами вони настільки різні, що в принципі належать до компетенції різних спеціалістів у галузі матеріалознавства.

Для загальних завдань проектування і конструювання корисний короткий огляд основних властивостей кузовних матеріалів. Нижче наведено найважливіші матеріали, які можуть бути застосовані в автомобільному кузовобудуванні.

5.1 Листова сталь

Матеріалом, що застосовується найчастіше, є листова сталь завтовшки від 0,6 до 1,5 мм у вигляді листів або стрічок. Це низьковуглецеві якісні сталі із середнім вмістом вуглецю 0,08 %, отже, добре зварювані.

Допустима кількість домішок фосфору становить 0,04 %, сірки 0,045 %. Останнім часом все частіше застосовується добавка міді або нікелю разом з хромом як антикорозійний засіб, а також гарячеоцинковані листи для елементів, особливо схильних до корозії.

Сталеві листи призначені для кузовів автомобілів повинні мати комплекс необхідних властивостей для конструкції такого типу. Листи для кузова мають товщину 0,6-1,5 мм (тонкі листи), у той час як листи, що застосовуються для шасі (і деяких елементів кузова), характеризуються більшими товщинами приблизно 4-10 мм.

Для деяких транспортних засобів, (причип вантажопідйомністю кілька десятків тонн) застосовують листи товщиною 15-30 мм. Допустима напруга (на розтяг або стиснення) при статичному навантаженні не повинна перевищувати 15 кгс/мм² для сталі 5135 і близько 23 (до 25) кгс/мм² для сталі 18G2A. Допустимі напруги на стиск не повинні перевищувати 0,6 величини допустимих напруг на розтяг.

Усі кузовні листи після гарячої прокатки проходять процес травлення, тобто видалення з поверхні окалини, тому що окалина як поганий провідник електрики перешкоджає контактному електрозварюванню. Потім йде холодна прокатка. Від кількості операцій холодної прокатки залежить важлива властивість листів – чистота поверхні, а також сортність.

Не торкаючись суто металургійних питань, як, наприклад, використання для листів глибокої витяжки лише деяких частин зливка, вкажемо, що штампування листа залежить від чистоти його поверхні. Навіть незначні ризки або нерівності викликають при штампуванні тріщини деталі.

Тому листи слід якомога довше зберігати в упаковці і дуже акуратно транспортувати. Втомна міцність сталі, зменшується до величини близько $2 \cdot 10^6$ циклів і потім вже майже не змінюється.

Вона залежить від виду та товщини матеріалу, частоти змін навантаження та конструктивної форми.

5.2 Легкі метали і сплави

До сьогодні тривають дискусії щодо доцільності застосування легких металів у кузовобудуванні, оскільки, використовуючи їх, можна істотно зменшити вагу конструкції. Як не цікаві алюмінієві кузови спеціальних (перегонових та спортивних) автомобілів та автобусів, проте ймовірність застосування алюмінієвого листа для масового виробництва легкових автомобілів мала з таких причин.

Вартість алюмінію (як матеріалу) майже втричі більша, ніж сталі. Витрати на виготовлення листа внаслідок кращої пластичності алюмінію дещо менші, в той же час маса листа менша лише на 30 %, так як алюміній має меншу міцність, і у зв'язку з цим доводиться застосовувати лист більшої товщини.

Проте автомобілі продають не за вагою, а збільшення вартості матеріалів дуже помітне, оскільки зниження вартості інших елементів внаслідок зменшення загальної ваги, наприклад, гальм, шин тощо, мізерно мале, а зниження витрати палива не позначається на продажній ціні автомобіля. Отже, автомобілі з великою кількістю алюмінієвих деталей стають значно дорожчими.

Внаслідок меншої міцності алюмінію, більшість деталей кузова, особливо елементи каркаса, повинні мати збільшену товщину. Через менший модуль пружності жорсткість, що обумовлюється формою кузова, а також його термін служби відносно малі, тому поглинання енергії при ударі теж мале. Все це небажано з погляду безпеки. Чисті алюмінієві сплави мають достатню корозійну стійкість.

Однак не всі деталі та сполучні елементи кузова можуть виготовлятися з легкого металу, щонайменше, у місцях з'єднання алюмінієвих та сталевих деталей існує підвищена небезпека корозії.

Останню можна зменшити шляхом застосування анодованого сталевих листа, але у разі різко зростають витрати. Виникають труднощі зі зварюванням і пайкою, які стають здійсненними лише за певних умов (захист від окиснення).

З перерахованих вище причин застосування легкого металу в кузовах легкових автомобілів обмежується внутрішніми деталями, що виготовляються з листа, виливків або сплавів, що деформуються, а також молдингами, можливо, бамперами.

Прикро, що вартість алюмінію на світовому ринку постійно сильно коливається. Зрештою, маса алюмінієвих деталей, включаючи деталі шасі, в європейських легкових автомобілях становить близько 2,2 % загальної маси.

З легких сплавів найбільше застосування в кузовобудуванні мають алюмінієві сплави ливарні та деформовані. Ливарними добавками до алюмінію є мідь, магній, марганець, цинк, хром та кремній. Механічні властивості алюмінієвих сплавів залежать від термообробки – загартування та старіння. Щільність 2,7 г/см³.

Ливарні та деформовані алюмінієві сплави зварюються у захисному газі. Такий вид з'єднання застосовується у середньонавантажених деталях. Особливо навантажені елементи з'єднують заклепками.

Найчастіше, однак, у кузовах зустрічаються мало-і середньонавантажені елементи, для з'єднання яких крім контактного електрозварювання шовним або точковим у вуглекислому газі, можна використовувати стикове зварювання опором.

Корозійна стійкість легких алюмінієвих металів досягається анодуванням або нанесенням металопокриттів. В останні роки з'явилися також алюмінієві листи, покриті з одного боку міцною та корозійностійкою плівкою з пластмас.

Ці листи мають дуже гарний зовнішній вигляд і можуть без додаткового покриття використовуватися для елементів зовнішньої та внутрішньої обробки. Крім того, різноманітна фактура поверхні плівки дозволяє застосовувати покриті нею листи для елементів підніжок, дверей, частин підлоги та різних декоративних деталей.

5.3 Використання легких сплавів

Завдяки малій щільності, хорошим ливарним властивостям та оброблюваності при виробництві різних деталей автомобіля широко застосовуються алюмінієві сплави. Першими деталями, які почали виготовляти з алюмінію, були поршні та головки

блоків циліндрів двигунів внутрішнього згоряння. При цьому використовувалася хороша теплопровідність алюмінію. Надалі з нього почали робити різні корпуси, бачки, ємності, для досягнення необхідної міцності яких не потрібно великої товщини стінок і, навпаки, при литті під тиском ці стінки робилися тоншими.

У виливків, отриманих методом лиття під тиском у сталеві форми, досягається висока точність, що значно знижує кількість обробних операцій, обмежуючи їх лише обробкою посадкових поверхонь. Виливки, отримані під тиском, все ширше використовуються і для двигунів внутрішнього згоряння. Це вимагає спеціального оснащення та пристроїв для формування у виливку сорочки охолоджуючої рідини, проте велика економія маси окупає всі витрати.

Зменшення маси при використанні алюмінію замість чавуну майже пропорційне співвідношення щільностей цих матеріалів, що дорівнює 7,3:2,7. Литва деталь з алюмінієвого сплаву майже втричі легша за таку ж деталь із чавуну.

Порівняльні дослідження вартості чавунного та алюмінієвого блоків циліндрів для бензинового двигуна обсягом 1 800-2 200 см³ проведені в останні роки показали переваги використання алюмінію.

Порівняння проводилося по всьому виробничому циклу: від виготовлення стрижнів, розплаву, лиття до остаточної механічної обробки. Маса необробленої виливки становить 72 кг при використанні чавуну та 23 кг – алюмінію.

Оброблений чавунний блок важить 44,5 кг, алюмінієвий – 14,4 кг. Проводилося також порівняння енергії, яка споживається на всі операції лиття та обробки. Для випуску на день 3 000 шт блоків із чавуну необхідно 6 500 кВт, а для того ж числа блоків із алюмінію – 1 100 кВт.

Дослідження показує, що з погляду енергетичних витрат у разі виготовлення алюмінієвого блоку економія енергії становить 60 % порівняно з чавунним. (При цьому, однак, не враховані енергетичні витрати на виробництво первинних алюмінію та чавуну).

Тому, незважаючи на більш високу ціну алюмінію, його застосування для блоку циліндрів та інших виливків є вигідним.

Вплив зменшення маси виявиться далі при експлуатації у меншій витраті палива. Наведемо інші приклади зниження маси заміни сірого чавуну алюмінієм.

У рядного чотирициліндрового двигуна «Шевроле Вега» (США) з робочим об'ємом 2300 см^3 чавунний блок має масу 39,5 кг, такий же блок з алюмінію – 13,6 кг, тобто зниження маси сягає 65 %. У шестициліндрового двигуна «Рамблер – Кастом» фірми «Амерікен Моторс» блок із алюмінію із залитими чавунними гільзами має масу 30 кг; маса цього ж блоку із чавуну становить 76 кг. Зниження маси у разі досягає 61 %.

Аналогічні цифри характерні і для циліндрів невеликих двигунів з повітряним охолодженням, де зниження маси досягає 60 %. Чавунний циліндр з ребрами двотактного двигуна об'ємом 250 см^3 має масу 8,15 кг, а такий же алюмінієвий циліндр з твердим хромованим покриттям робочої поверхні – 3,15 кг, що відповідає зменшенню маси на 62 %. Той самий алюмінієвий циліндр, але із запресованою чавунною гільзою важить 3,44 кг, що відповідає зниженню маси на 58 %.

Алюмінієві блоки циліндрів двигунів дають не лише зменшення маси, а й покращення теплового режиму. Теплопередача та відведення теплоти в систему охолодження покращуються, температурні поля головки блоку та циліндрів стають рівномірнішими, що не менш важливо, ніж зниження маси. Насамперед, зменшується місцевий перегрів поблизу випускного клапана, а розподіл температури на поверхні циліндра стає рівномірнішим.

Циліндр зберігає свою форму і в нагрітому стані, що важливо для прилягання поршневих кілець по всьому колу і, своєю чергою, має вплив на проникнення масла в камеру згоряння.

При звичайному сьогодні застосуванні алюмінієвих поршнів більше теплове розширення алюмінієвих циліндрів вигідно тим, що зазор між циліндром і поршнем може бути зменшено, що знижує рівень шуму двигуна.

5.3.1 Алюмінієві сплави

Різні алюмінієві сплави використовують у конструкціях різного роду. Відносно високі характеристики міцності алюмінієвих сплавів при малій питомій вазі (2,65-2,85) зробили їх

незамінним конструктивним матеріалом в деяких галузях промисловості, наприклад авіабудуванні.

Внаслідок занадто високої ціни (в Європі алюмінієві сплави приблизно в 5-6 разів дорожчі за конструкційну сталь, рахуючи по масі) конструкції на базі алюмінієвих сплавів, крім авіаційних, поширені відносно мало.

Вони знаходять застосування в будівництві, у особливо відповідальних випадках також і в автомобілебудуванні, наприклад, при виготовленні фургонів-холодильників, в яких зовнішню обшивку стін можуть виконувати з дюралю.

Для прикладу можна вказати, що ціна 1 кг алюмінієвого листа, в 6 разів більша за ціну 1 кг сталевих листа. Однак повна вартість матеріалу на цю конструкцію для дюралю вище приблизно в 3 рази, так як дюралева конструкція легша, ніж така ж сталева, відносно 0,55:1, і на цю дюралеву конструкцію витрата матеріалу майже вдвічі менша.

І тут вводиться додатковий коефіцієнт економії. За рахунок заощадженої маси конструкції можна збільшити корисну масу, що за кілька років експлуатації автомобіля дасть значний економічний ефект, а отже, транспорт можна зробити економнішим.

З іншого боку, навіть не збільшуючи корисної маси, отримуємо легший в експлуатації транспортний засіб, а отже, більш економічний у частині витрати пального, зношування шин, гальм тощо.

За статистичними даними, конструкції з алюмінієвих сплавів, порівняно зі сталевими, легші на 45-65 %. У тому випадку, коли необхідно підтримувати деформації в межах, близьких до деформацій сталевих конструкцій (при меншому модулі Юнга у алюмінієвих сплавах), маса конструкції, виконаної з алюмінієвого сплаву, становить майже половину маси сталевих конструкцій.

5.4 Пластмаси

Розвиток промисловості великої хімії створює широкі можливості для застосування нових матеріалів в автомобільних кузовах. Це видно з частки пластмас, що постійно зростає по масі, в автомобілях. Показник маси, проте, не відбиває фактичного стану, оскільки ці матеріали, зазвичай, дуже легкі.

Якщо ж враховувати показники поверхні або масу деталей, що замінюються, то фактичний стан значно вигідніший для пластмас.

Існує велика різноманітність пластмас, які можуть бути використані в автомобільних кузовах. Вибір типу та виду матеріалу – питання надто спеціальне.

Елементарні відомості про матеріал та основні назви їх потрібні, проте, для загальних питань проектування кузовів. Точне найменування пластмас дуже складне і утруднене через застосування різних комерційних назв для подібних або найчастіше одних і тих самих матеріалів.

У кузовобудуванні застосовуються такі **найважливіші види пластмас**.

1) **Термореактивні пластмаси** (так звані реактопласти) використовуються для сильно навантажених деталей (важелі, ручки); якщо пластмаса армована скловолокном, її використовують і для великих деталей спеціальних (спортивних) автомобілів під назвою склопластик, наприклад, для капотів, кришок багажників, декоративних решіток, крил, боковин та ін.

2) Різні **термопласти** (нижче наведено лише деякі з можливих матеріалів, що пропонуються під різними фірмовими найменуваннями). Наприклад:

- акрилонітрил – бутадієнстирол використовується для деталей, одержуваних вакуумною витяжкою, таких як облицювання радіатора, панелі приладів;
- акрило-скло – для прозорих деталей, вікон, розсіювачів, ліхтарів;
- поліамід – для швидкозношуваних деталей таких, як рухливі елементи замків, корпуси повітроводів та ін;
- полівінілхлорид – для еластичних та м'яких деталей, штучної шкіри, пліткових покриттів, шлангів, ущільнювачів, ізоляції;
- поліуретан для високоміцних деталей;
- пінистий поліуретан – для накладок, ізоляційних матеріалів;
- поліуретан з твердою поверхневою зоною – для ручок, підлокітників, облицювань, панелі приладів, облицювання передньої частини, що деформується.

3) **Еластomers** (етилен-пропілен-гума) з монолітною оболонкою використовуються, наприклад, для ущільнювачів, стійких до погодних умов та старіння (двери, вікна).

Цей перелік можна розглядати лише як орієнтовний. Промисловість, що випускає полімери, може запропонувати або розробити матеріали, придатні для певних умов застосування.

Пластмаси мають такі переваги: малі витрати на виготовлення деталей та мала вага; задовільна стабільність заданих розмірів; проста технологія обробки та з'єднання (склеювання); можливість отримання поверхні різного кольору та тиснення (можлива блискуча та матова металізація); висока стійкість до погодних умов та корозії.

Деякі пластмаси мають відмінні властивості і використовуються в літакобудуванні. Йдеться насамперед про матеріал «кевлар» фірми «Дюпон» (США). Цей ароматичний поліамід з волоконною структурою, що з'явився на світовому ринку в 1972 р., має високу міцність, відмінну температурну стабільність і високий втомний опір.

Волокна кевлару застосовуються для корду шин, для армування клинових ременів, а останні роки, як зазначалося вище, — виготовлення інерційних акумуляторів енергії — маховиків. Маховик з кевлару при однаковій щільності енергії має масу в 2 рази менше, ніж сталевий. Щільність кевлару 1440 кг/м^3 , міцність на розрив 3500 МПа .

5.4.1 Матеріали елементів кузова

Давно вже обробку кузовів важко навіть уявити без пластмас, які майже повністю витіснили такі традиційні матеріали, як дерево, тканини та повсть. Багато пластмас краще відповідають вимогам обробки, а також зменшують масу і вартість кузова.

Полівінілхлорид (ПВХ) застосовують для виготовлення багатьох фасонних деталей та штучних тканин. До таких фасонних деталей відносяться щитки приладів, ручки, головки важелів. Тканина, виготовлена з ПВХ, повністю витіснила раніше застосовувані бавовняні тканини та дерматин.

Завдяки хорошій гігієнічності, міцності та зовнішньому вигляду ПВХ використовують у автомобілях, що випускаються великими серіями, для оббивки сидінь, стелі та іншого

внутрішнього оздоблення.

З ПВХ роблять мати для покриття підлоги, багажника і т.п. В даний час з полівінілхлориду виготовляється близько 20 % загальної кількості елементів із пластмас, що застосовуються в кузовах.

Поліуретани використовують у кузовах, насамперед як об'ємні елементи у вигляді піни. Найважливіше застосування поліуретанів – подушки сидінь кузовів, протиударні накладки, внутрішнє оздоблення та ізоляційні покриття, а також підкладки під плівки ПВХ.

Завдяки хорошим пружним властивостям пінополіуретан повністю витіснив пористу гуму. Цей матеріал є найлегшим із відомих матеріалів для кузовів. Крім використання як м'які елементи поліуретани все більше використовуються в різних прокладних конструкціях як тверде пінне наповнення.

Плити, що отримуються таким чином, відрізняються високими механічними властивостями: великою жорсткістю при згині і дуже малою щільністю. Така плита прокладки (так званий «сандвіч») є найкращим матеріалом, зокрема, для елементів підлоги вантажних кузовів і автобусів.

Поліаміди застосовують у кузовах для обрамлення дверних замків, для рукояток, для позначень та фірмових табличок, декоративних решіток, хомутів і гайок, резервуарів для рідин, для шлангів та різноманітних облицювальних деталей.

Поліметилметакрилат (так званий «плексиглас») знаходить застосування як прозорі елементи фар, а також стекол світильників і внутрішніх перегородок.

Полістирол з відповідними ударними властивостями служить для облицювання декоративних ґрат, рукояток, клавіш, а у вигляді пінополістиролу – для ізоляції.

Поліпропілен у модифікаціях для низьких температур завдяки низькій ціні та легкості виробництва широко використовують для виготовлення таких елементів, як корпуси світильників, рульові колеса, стійки рульових колонок, перегородки, обрамлення та рукоятки, для внутрішнього оздоблення дверей, бокового покриття автомобільних сидінь, для різних кришок, сопел повітряних каналів тощо.

Амінопласти застосовують головним чином як декоративні

ламінати (шаруваті пластики) типу unilam для внутрішньої обробки кузовів.

Епоксиди у вигляді заливних мас, шпаклівок та клеїв служать для обробки поверхонь та з'єднання елементів кузова. Таке кріплення дуже доцільне для багатьох приладів та технологічного обладнання кузова.

Крім перелічених основних матеріалів є ще багато інших, які можна застосовувати для автомобільних кузовів. Крім того, постійно з'являються нові матеріали, як результат досліджень великої хімії.

5.4.2 Матеріали для корпусів кузовів

Спочатку як штучні матеріали в кузовобудуванні використовувалися фенольні смоли з наповнювачем у вигляді відходів текстилю або картону. Однак лише освоєння синтезу поліефірних смол, армованих скловолокном, відкрило нові та надзвичайно цікаві можливості застосування їх у корпусах автомобільних кузовів.

Поліефірні смоли переходять у твердий стан у результаті полімеризації. Вони мають невелику густину ($1,5-1,8 \text{ г/см}^3$). Дуже хороші механічні властивості поліефірним смолам надає армування їх скловолокнами або склотканинами з ниток завтовшки близько $0,025 \text{ мм}$.

Міцність при розриві становить в середньому 2500 кгс/см^2 , а при згині 4000 кгс/см^2 . Механічні властивості залежать від напрямку волокон, і тому слід стежити, щоб волокна були розташовані в різних напрямках з метою забезпечення рівномірної міцності.

З'єднання зі скляними тканинами призвело до широкого поширення назви «ламінати поліефірні» (**склопластики**), скорочено PWS (польськ. Poliestry wzmacniane) або GRP (англ. – glas reinforced plastics).

Сучасна технологія забезпечує можливість застосування PWS у одиничному або малосерійному виробництві та рішуче переважає у цій галузі над технологією металевих кузовів.

Кузови з PWS виконують за моделями фрагментів кузова. Ці фрагменти відповідають цілим комплектам чи зварним вузлам металевих кузовів. У багатьох випадках кузови легкових

автомобілів з PWS можуть складатися лише з двох основних частин: нижньої та верхньої. Великі кузови (наприклад, фургони) діляться на стіни та дах.

Після підготовки поверхні моделі на неї наносять рідкий шар поліефірних смол і затверджувача пензлем або за допомогою пістолета – фарборозпилювача, потім обкладають скловолокном або склотканиною.

Притискання волокна або тканини робиться відповідним обладнанням: при одиничному виробництві – ручним валиком або механізованим інструментом; при випуску невеликих серій – гумовим мішком, надутим стисненим повітрям; при дрібносерійному виробництві – пресом.

Ця процедура повторюється кілька разів до отримання потрібної товщини ламінату, що утворюється при такому способі. Після самозатвердіння склопластику форму знімають з моделі та обробляють краї та кромки.

Ця технологія постійно вдосконалюється запровадженням попереднього просочування скляних матів (pregres – англ.), системи підігріву для прискорення процесу тощо.

Простота технології формування великих елементів з PWS дозволяє економно виробляти корпуси, до яких слід, насамперед, віднести спортивні (корпус, двері, капот), військові (корпус, двері, капот), вантажні (корпус та двері кабіни водія), кемпінги (корпус), двері, капот), різні спеціалізовані (рефрижератори, майстерні тощо). Крім того, поліефірні смоли (ламінати) знаходять все більше застосування для великорозмірних дахів автобусів та furgonів, а також покривних плит платформ та інших вантажних приміщень.

5.4.3 Властивості пластмас

Усі пластмаси дуже легкі, економічні і, що важливо, стійкі до корозії. Особливо поліефірні смоли зі скловолокном є чудовим матеріалом для корпусів автомобілів.

Крім хороших механічних властивостей вони мають високу втомну міцність, чудово гасять коливання, створюють хорошу теплоізоляцію і акустичну ізоляцію, а також легкі для ремонту.

Довговічність кузова з PWS у кілька разів перевищує довговічність сучасних сталевих кузовів (наприклад,

довговічність кузова Chevrolet Corvette становить 15 років).

Основна перевага, що отримується при використанні цього матеріалу, крім того, незначна вартість обладнання. Загалом ситуацію з пластмасами слід оцінювати у двох аспектах. Як елементи обробки, і насамперед, оббивки та ізоляції пластмаси займають, безперечно, міцні позиції.

Інакше справа в області корпусів кузовів. Тут застосовується PWS лише для малих чи спеціальних серій кузовів. Однак уявлення про верхню межу серії постійно змінюється.

У 1953-1956 рр. вважали, що PWS окупається лише в одиничному виробництві, у шістдесятих роках за економічний кордон прийнято виробництво 10-15 тис. штук на рік, нині панує переконання, що ця кількість становить 30-40 тис. на рік із тенденцією до зростання. Наприклад, у Німеччині висловлюється думка, що окупатися буде серія близько 100 тис. штук на рік.

Звідси складається враження, що окупність і масштаб виробництва корпусів кузовів з PWS – це питання не так техніки, як політики, що перешкоджає проникненню хімічних концернів в область збуту сталевих концернів, які мають ще й потужного союзника – виробників обладнання для виробництва кузовів. Проте велика хімія швидко розвивається, і ігнорувати їх у програмі випуску кузовів не можна.

Перевагами пластмас є мала вага, висока міцність і жорсткість, хороші шумопоглинаючі властивості, що обумовлюються високим внутрішнім демпфуванням, легке складання вузлів, що досягається завдяки можливості виготовлення великих деталей, висока корозійна стійкість.

Цим безперечним перевагам пластмас протистоять істотні недоліки, зокрема, висока вартість матеріалів та їх виготовлення, велика тривалість технологічного циклу, утруднені монтаж та ремонт, мале поглинання енергії.

Внаслідок володіння цими недоліками пластмаси не підходять для кузовів масового випуску. Тим не менш, висока технологічність пластмас, можливість виготовлення деталей методом лиття або за допомогою вакуумної витяжки дозволяють широко використовувати пластмаси як для дрібних, так і для великих штампованих деталей. При виборі пластмаси в основному керуються механічними та термічними властивостями

матеріалів.

5.4.4 Приклад застосування пластмас у кузовобудуванні

Останнім часом підвищений інтерес викликає можливість застосування пластмас у кузовобудуванні, хоча цілісні пластмасові кузови і навіть пластмасові несучі вузли – справа недалекого майбутнього.

Однак відомо багато пропозицій на цю тему. Фірма «Джі-Ем» (GM) з 1953 р. виготовляє у досить великій кількості автомобіль «Шевроле – Корвет» з кузовом, що штампується з поліефірного матеріалу, армованого скловолокном.

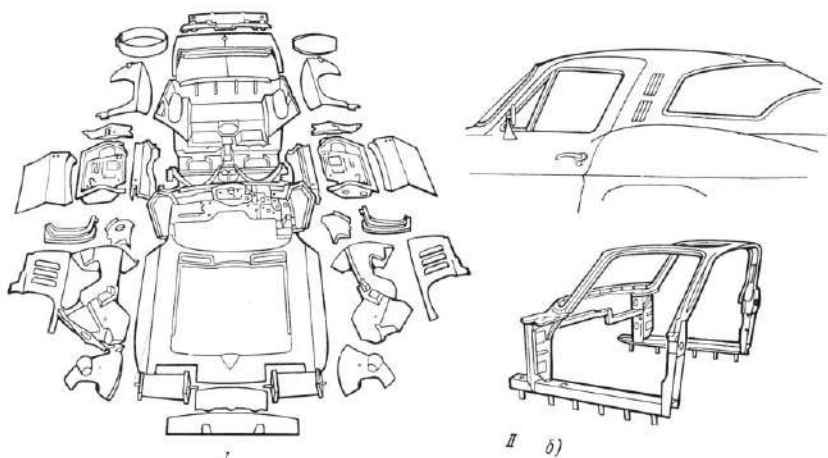
Кузов має несучий каркас із сталевих труб (рис.5.1). Певний інтерес представляє підлога багатошарової конструкції, експериментально виготовлена для відкритого пластмасового кузова, армованого скловолокном.

У майбутньому в невеликій кількості можна буде виготовляти легкі відкриті кузови із термопласту для спеціальних автомобілів. Внаслідок широких можливостей для застосування пластмас не викликає подиву той факт, що частка пластмасових деталей (за вагою) у кузові постійно збільшується і вже в 70-ті роки 20-го століття у європейських автомобілів становила приблизно 7-8 % загальної ваги.

Пластмаси відкривають великі можливості для зменшення ваги кузова в майбутньому. Механізм підняття та опускання дверного скла автомобілів концерну «Дженерал Моторс» зображено на рис. 5.2.

Цей механізм виконаний із пластмасової стрічки з розташованими на однаковій відстані один від одного отворами, які виконують функції ланцюгової передачі. На відміну від застосовуваних сьогодні сталевих тросиків цей механізм, якщо він укладений в металевій оболонці, передає не тільки зусилля що розтягує, але і стискає.

Шестерня, закріплена на рукоятці, входить своїми зубами в отвори пластмасової стрічки та, обертаючись, піднімає або опускає скло, прикріплене до одного з кінців стрічки. Інший кінець входить у захисний кожух.



I- деталі пластмасового кузова; II – зовнішні панелі та каркас автомобіля модифікації «Спорткупе»



Рисунок 5.1 – Пластмасовий кузов автомобіля Chevrolet-Corvette – Stingray

Всі деталі виготовлені з поліефірного еластомеру фірми «Дюпон», що має високу міцність, низький коефіцієнт тертя і надійно працює в діапазоні температур від -20° до $+70^{\circ}\text{C}$. Зменшення маси складає 3-5 кг. Весь механізм займає у

внутрішньому обсязі дверей мало місця та не потребує обслуговування. Подібних можливостей економії маси конструкції автомобіля можна знайти досить багато.

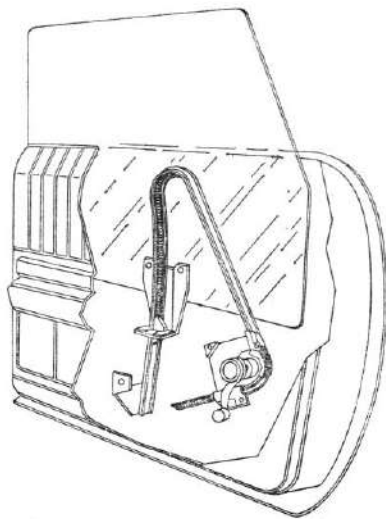


Рисунок 5.2 – Механізм керування склом дверей полегшеної конструкції

Для виробництва кузова та панелей можуть використовуватись деякі види шаруватих матеріалів, армованих склоподібними або вуглецевими волокнами. Шаруваті пластики придатні також для виготовлення бензобаків.

Вони не схильні до корозії, при аварії витримують велику деформацію без порушення цілісності та герметичності бака. Паливні баки автомобілів повинні мати дуже складну геометричну форму, яку легко отримати, виготовляючи їх з полімерних матеріалів, що дозволяють, крім того, зменшити масу бака.

Все більших масштабів досягає використання пластмас для виготовлення крил, що є найслабшим місцем кузова у частині корозії. Цей напрямок має великий інтерес, оскільки втрати, котрі викликають корозію автомобільних кузовів, у світовому масштабі надзвичайно великі.

5.5 Ізолювальні матеріали

До ізолюючих матеріалів пред'являються вимоги – низький коефіцієнт теплопровідності та високий показник шумоізоляції та гасіння вібрацій кузова. Отримати ці показники в одному ізолюючому матеріалі, на жаль, дуже важко.

Хороші теплоізолюючі властивості мають матеріали, що містять замкнені бульбашки повітря, проте частота власних коливань такого матеріалу значно відрізняється від необхідної для шумоізоляції.

У цій ситуації є практично дві можливості:

Перша – це застосування декількох матеріалів, з яких одні мають відповідні звукоізолюючі властивості, інші доцільні з точки зору теплоізоляції.

Друга – застосування матеріалів з компромісними властивостями. Для теплоізоляції використовують матеріали, згадані в числі пластмас, а також паперові та азбестові плити, тканини, вати (паперову, мінеральну, скляну) та ін.

Матеріали звукоізолюючі, так звані акустично активні – проблема складна, оскільки вона зачіпає поняття звукоізоляції, абсорбції та глушіння. Образно звукоізоляцію можна як бар'єр, який відбиває шум, абсорбцію – як акумулятор поглинання і глушіння – як гасіння коливань. Все це є функцією частоти, і тому підбір матеріалів, що глушать, вимагає вимірювання вібрацій елементів кузова.

Знаючи вид коливань, можна вибрати звукоізолюючі матеріали, що покращує, а не погіршує шумність кузова. Погіршення відбувається тоді, коли матеріал показує найгірші звукоізолюючі властивості, ніж сам металевий лист.

Як шумоізолюючі матеріали для зовнішньої сторони кузова найбільш підходять різного роду пасти, що глушать, на бітумній або каучуковій основі, які служать також захистом від механічних пошкоджень.

Для внутрішньої поверхні кузова застосовують різного роду повсть, килимки та прокладки із синтетичних матеріалів, а також дуже ефективні шаруваті конструкції, наприклад мати, що складаються з бітумної основи та прошарків повсті (sandwich Keller), що застосовуються в кузовах фірми Fiat.

Всі ізолюючі матеріали повинні бути без запаху, вологостійкими, важкозаймистими, антигігроскопічними і легко розміщуються на поверхні кузова. Від ізолюючих матеріалів нижньої зовнішньої сторони кузова потрібна, крім того, стійкість проти ерозійної дії дорожніх забруднень, а також ударна міцність.

5.6 Лакофарбові матеріали

Для фарбування кузовів застосовують ґрунтовки, шпаклівки, емалі та лаки. Для згладжування нерівностей металевих листів кузова застосовують олово чи епідіан.

Міцність лакофарбових покриттів значною мірою залежить від ретельності підготовки поверхні металевого листа до фарбування. Ця підготовка полягає в очищенні від іржі та знежиренні хімічним або електролітичним способом, а також миття та сушіння.

Шпаклівки залежно від густоти застосовують у вигляді мастик, призначених для ручного нанесення, або у в'язкотекучому стані для пульверизації.

Вони містять густі мінеральні наповнювачі, антикорозійні пігменти та в'язучу речовину у вигляді, наприклад, оліфи з добавкою синтетичної смоли. Шпаклівка виявляє достатню адгезію та еластичність, якщо накладений шар не перевищує масою 70 г/м^2 , а окремі нерівності не перевищують 0,5 мм.

Після просушування шпаклівки необхідне шліфування поверхні, яка найчастіше проводиться попередньо змоченим наждачним папером.

ґрунтовки містять антикорозійні складові, як, наприклад, сурик, крейда тощо, і пластифікатори, що надають еластичність, а також легкі розчинники та розріджувачі.

Дуже корисні електропровідні добавки, такі як цинковий порошок або графіт, які дозволяють зварювати заґрунтовані деталі. ґрунтовка – дуже важлива складова міцності кузова.

Застосовувані раніше нітролаки замінені алкідними лаками, а зараз – поліуретановими, поліакриловими або меламіноформальдегідними. Для остаточної обробки поверхні достатньо двошарового покриття пульверизацією та прогрівання в печі при температурі 100-130°C.

Синтетичні лаки не вимагають полірування, як нітролаки. Крім того, вони в середньому в 1,5 рази твердіші, в 3 рази еластичніші і в 4 рази стійкіші до ударів, а по масі покриття майже у 2 рази легші, ніж нітролаки.

Поліуретанові лаки з точки зору прикриваючої здатності та адгезії, особливо придатні для великих поверхонь автобусів і фургонів. Меламіноформальдегідні лаки, що застосовуються для фарбування легкових автомобілів, дорожчі за поліакрилові, але відрізняються вдвічі більшою міцністю.

Цікаві кольорні ефекти дає додавання до лаків частинок алюмінію. Корозійна стійкість лаків при цьому збільшується завдяки фізико-хімічній дії алюмінію. Написи, розділові лінії, позначення тощо, дуже трудомісткі у процесі фарбування, можуть бути нанесені за допомогою липких полівінілхлоридних плівок. Міцність та естетичність їх при цьому краща, ніж у традиційному виконанні.

Фарби та лаки, що застосовуються у процесі ремонту кузова, відрізняються нижчою температурою сушіння, ніж виробничі. Сам процес сушіння є вже не випаровуванням, а оксидуванням або полімеризацією, що вимагають температури близької до 80° С. Проводяться подальші роботи в напрямку зниження температури сушіння.

5.7 Скло

Для кузовних вікон використовується неорганічне скло. Залежно від необхідної прозорості це дзеркальне скло, наприклад, для переднього скла, або напівдзеркальне – для вікон менш важливих. Щільність скла 3,5 г/см³.

Скло, що застосовується в кузовобудуванні, має бути безпечним, щоб у разі руйнування не поранило пасажирів. Ця необхідна властивість скла досягається загартовуванням, в результаті якої воно стає значно міцнішим, а у разі руйнування дробиться на шматочки з тупими краями.

Ця перевага є, однак, і недоліком, оскільки загартоване скло втрачає прозорість при випадковому ударі. Щоб уникнути цього, певну область переднього скла залишають незагартованою.

Загартоване скло не може бути піддане вже ніякій обробці, наприклад, різання або свердління отворів. Порушення рівноваги

загартованих частинок скла викликає негайне їхнє розсіпання. Ця недосконалість загартованого скла продиктувала інший спосіб створення безпечного скла – не загартуванням, а склеюванням.

Два або три листи скла склеюють прозорою плівкою із поліметилакрилату або поліацетату. Таке склеєне шарами скло безосколкове і, отже, безпечне, а плівка є гарною і еластичною сполучною ланкою. Останнім часом все частіше застосовують органічне скло із поліметилметакрилату.

Органічне скло має багато переваг. Одна з найважливіших – удвічі менша щільність, ніж у силікатного скла, що має дуже велике значення, особливо при дедалі більшому збільшенні поверхні скління.

Хороші механічні властивості, такі, як міцність при розриві 700 кгс/см² при згині 1400 кгс/см² стисненні 1150 кгс/см² дозволяють використовувати органічне скло як елемент несучого корпусу кузова, а для з'єднань використовувати клепок.

Органічне скло має чудову прозорість і легко забарвлюється у будь-який колір. Додаванням відповідних компонентів можна підвищити здатність скла затримувати інфрачервоні промені, що надають теплову дію. Це має велике значення в елементах засклення даху.

Недоліком органічного скла є його податливість дряпанню, яке, щоправда, компенсується можливістю полірування та низькою температурою розм'якшення, близькою 100°C. Це полегшує, втім, формування скла, яке проводиться при температурі 125°C.

Проблема безпеки автомобіля пред'являє до скління ще вищі вимоги. Показники еластичності скла, та його механічні властивості є предметом постійних випробувань та досліджень.

5.8 Гума

У кузовобудуванні переважно поширена гума із синтетичних каучуків, які в порівнянні з натуральними більш стійкі до дії масла та палива. Проти дії бензолу, наприклад, стійки, тільки синтетичні каучуки.

Гуми, що застосовуються в кузовах, поділяються на пористі та губчасті. Пористі, тобто мають у герметичних осередках бульбашки повітря, застосовують для ущільнення, так як вони не

вбирають воду. Губчасті, що мають сполучні комірки, застосовують для подушок сидінь та еластичної оббивки.

Твердість гуми вимірюють у градусах Шора, наприклад 25°Ш – це м'яка гума, а 100°Ш – найтвердіша, твердість якої дорівнює ебоніту. Для ущільнень найбільш прийнятні м'які гуми.

Часто навіть прокладки виготовляють з пористої гуми, твердість якої значно нижче 25°С. Щільність пористої гуми залежить від розміру повітряних бульбашок і коливається в межах 0,9-1,5 г/см³.

5.9 Тканини

Традиційним матеріалом для тканин донедавна була бавовняна пряжа. Однак у зв'язку з малою довговічністю, поглинанням пилу та інших забруднень вона майже повністю витіснена штучними матеріалами, з яких найбільшого застосування отримали полівінілхлориди ПВХ, відповідним чином пом'якшені, виконані на бавовняній основі.

І за якістю, і за зовнішнім виглядом вони не поступаються найкращим шкірам, а за міцністю навіть перевершують їх. Різноманітним тисненням зовнішньої поверхні можна набувати гарних ефектів, а перфоруванням – повітропроникність.

Ще краще тканини зі штучним волокном – силоном або поліефірним. Відповідним сплетенням тканини (хрестоподібним, звивистим, гладким, смуговим тощо), а також підбором поєднання фарб отримують надзвичайно декоративні тканини і до того ж дуже міцні на стирання та розтягування, гігієнічні та дешеві.

5.10 В'язучі та герметизуючі матеріали

Конструкційні в'язучі речовини завойовують нові і нові позиції у сфері виробництва автомобільних кузовів. Їх успішно застосовують у елементах підкріплення панелей капота для часткової заміни точкового зварювання, а також при з'єднанні вітрового скла з металевою рамою.

З'єднання, виконані за допомогою конструкційних в'язучих матеріалів, мають деякі переваги. Крім того, виходить рівномірний розподіл напруги по всій площі з'єднання.

Оскільки ці в'язучі матеріали мають низьку температуру

плавлення, їх можна застосовувати для з'єднання деталей із займистих матеріалів. Оскільки в'язучі матеріали заповнюють зазори, то таких з'єднаннях зменшується корозія.

Усуваються нерівності між деталями, що з'єднуються зварюванням. Конструкційні в'язучі матеріали, що мають здатність поглинати вібрації, можуть застосовуватися для демпфування коливань у вузлових з'єднаннях тонкостінних оболонок.

До основних конструкційних в'язучих матеріалів, що застосовуються в автомобільному кузовобудуванні, відносяться в'язучі матеріали, які можна ефективно використовувати для нанесення на металеві поверхні, та технологія приготування яких може бути реалізована у звичайних фарбувально-сушильних печах.

Існують *три основні категорії в'язучих матеріалів*:

- термопластичні;
- термореактивні;
- еластомірні.

З термопластичних матеріалів високу міцність при розтягуванні та зсуві мають модифіковані полівінілхлоридні в'язучі матеріали. При сушінні ці речовини переходять у тверді резиноподібні компоненти.

Серед в'язучих матеріалів з термореактивними властивостями тільки для двох епоксидних сполук не потрібна теплова обробка. Ударна міцність і гнучкість цих сполук, залежно від складу, коливається в широкому діапазоні.

Однак, при застосуванні для з'єднання деталей цих в'язучих матеріалів потрібна попередня підготовка поверхні. Слід також відзначити, що до категорії *сполучно-наповнювальних в'язучих матеріалів* відносяться композиційні поліуретанові матеріали, що надають вузлам, що стикуються, дуже високу міцність, але мають підвищену токсичність.

До найбільш уживаних в автомобілебудуванні в'язких матеріалів еластомерної групи відноситься *полісульфідний каучук*, який використовується для кріплення вітрового скла.

Спочатку скло обертають по контуру тканиною, а потім у пази рами, з якою з'єднуватиметься скло, нагнітають полісульфідний каучук. Після вставки скла в раму та 30 хв

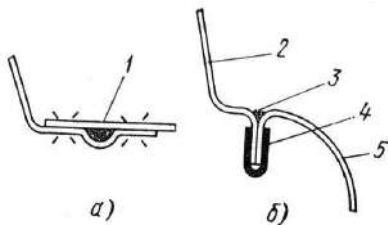
холодного затвердіння з'єднання стає міцним та герметичним.

Для максимального використання характеристик в'язучих матеріалів потрібно ретельно конструювати вузлові з'єднання, щоб звести до мінімуму сили поверхневого натягу та розтріскування. Міцність стику зменшується, якщо температурні умови виходять за межі діапазону – 40-90°C, але слід враховувати те, що збільшення часу сушіння призводить до зростання міцності.

У порівнянні з точковим зварюванням важлива перевага використання в'язучих матеріалів у тонкостінних конструкціях, що посилюються стрінгерами (*стрінгер* – проміжний елемент, що несе кінцеве навантаження, що діє на підкріплену панель) з полицями, полягає в тому, що в'язучий матеріал прикріплює до панелі всю полицю стрінгера, в той час як при зварюванні це робиться тільки в області точкового шва.

На стадії проектування слід також розглядати **питання герметизації кузова автомобіля**. Великі аеродинамічні тиски, що наростають, особливо відбиваються на герметичність кузова високошвидкісних автомобілів, зокрема, коли конструкція вікон може викликати падіння тиску всередині кузова.

При виготовленні кузовів за допомогою точкового зварювання виникає проблема в отриманні для ізолювання з'єднання внахлестку такого герметика, який не вигорів би при зварюванні листів. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є введення ущільнюючого валика між точковими швами, як показано на рис. 5.3 а.



- 1 – ущільнюючий валик; 2 – панель кришки;
3 – ущільнювач; 4 – підсилювальна накладка;
5 – панель крила

Рисунок 5.3 – Методи герметизації з'єднань, скріплених точковим зварюванням

Цей спосіб герметизації виявляється особливо цінним для стикувальних з'єднань внахлестку коритоподібних елементів підлоги кузова.



Рисунок 5.4 – Процес нанесення герметика у місці з'єднання деталей кузова автомобіля

Важливою вимогою при проектуванні всіх герметизованих з'єднань є зведення до абсолютного мінімуму рухливості вузлового з'єднання, так як розтріскування ущільнювача, що викликається цією рухливістю, відноситься до найбільш поширеної форми руйнування герметизуючого шару.

При з'єднанні передньої стійки з нижнім об'язувальним брусом, потрібна особлива увага, у зв'язку з необхідністю виключення проникнення води з надколїсної дуги, до бруса, і далі в корито підлоги. Вузли кріплення задніх надколїсних дуг не можуть бути достатньо ущільнені внаслідок утрудненого доступу до них.

Це призводить до іншої, досить поширеної проблеми, з якою доводиться стикатися при виконанні стикувальних з'єднань у середині порожнин повітрозабірника обігрівача, вбудованого в перегородку між двигуном і кабіною.

Для зовнішніх стикувальних сполук, в якості ущільнюючих речовин використовується пластизол або паста, що видавлюється з туба, що ілюструється рис.5.3 (б) - 5.4.

5.11 Деревні матеріали

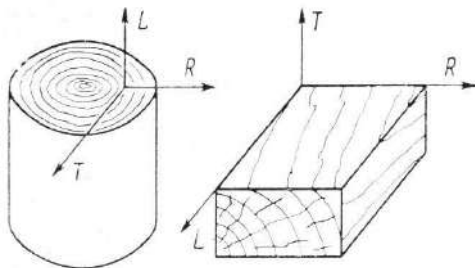
До поширення пластмас для елементів оздоблення використовувалося дерево різної твердості:

- м'яке – сосна та ялина – на дошки підлоги та борти вантажних автомобілів;
- напівтверде – ясен та бук – на каркаси кузовів;
- тверде – дуб, каштан тощо – на елементи складних форм.

Спеціальні сорти дерева, такі як горіх, акація, червоне дерево, застосовують ще й досі для оздоблення кузовів люкс автомобілів вищого класу.

Плити деревноволокнисті м'які (щільність $0,3 \text{ г/см}^3$) і тверді ($0,9 \text{ г/см}^3$), лаковані або ламіновані знаходять застосування головним чином для внутрішньої обшивки кузова. Фібролітові плити та різні шаруваті пластики замінюють дерево навіть у таких традиційних елементах, як дошки підлоги. Дерево є неоднорідним матеріалом. Його *міцність залежить від таких факторів*:

- порода;
- напрямки докладання зусиль щодо розташування волокон (рис. 5.5);
- вологість.



(L – поздовжнє, R – радіальне, T – дотичне)

Рисунок 5.5 – Напрямки дії сил
щодо розташування волокон у дереві

Міцність дерева у радіальному напрямку R (рис. 5.5), перпендикулярному шарам волокон, у кілька разів менше, ніж у поздовжньому напрямку L.

Так, наприклад, сосна або ялина в радіальному напрямку, перпендикулярному волокнам, має межу міцності при розтягуванні $50-70 \text{ кгс/см}^2$, ясен близько 100 кгс/см^2 береза до 150 кгс/см^2 і горіх до 120 кгс/см^2 . Аналогічні справи і з модулем Юнга або Кірхгофа.

Теплове розширення деревини дуже мало і становить близько $5 \cdot 10^{-5}$ (коефіцієнт розширення). Теплопровідність також дуже невелика і становить близько $0,0003 \text{ ккал/см}$ для сосни.

Деякі породи дерева, наприклад, ясен і бук, мають велику гнучкість, тобто здатність стійко зберігати надану їм форму (вигином у вологій теплій атмосфері).

5.11.1 Фанера

Фанера має кілька шарів (3,5,7 та ін.), як показано на рис.5.6. Напрямок волокон зовнішніх шарів позначено двома стрілками, середнього шару – однією (рисунок 5.6, а). Вільхова фанера легша за березову (питому вагу близько $0,7-0,75 \text{ кгс/дм}^3$), проте значно поступається їй за міцністю і є більш крихкою.

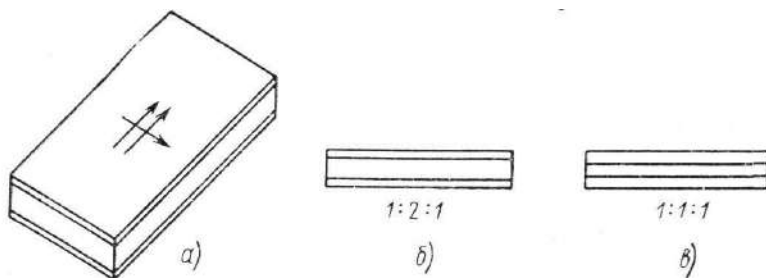


Рисунок 5.6 – Схема будови фанери

Її міцність дорівнює $0,70-0,75$ міцності березової фанери, і тому її використовують у дерев'яних конструкціях (наприклад, планерах) для слабонавантажених та маловідповідальних елементів.

5.12 Синтетичні матеріали

Розвиток виробництва синтетичних матеріалів відбувається в швидкому темпі і створює основу для все більш широкого їх

застосування в конструкціях. Серед синтетичних матеріалів, що використовуються в даний час, найбільшу перевагу для виготовлення конструктивних несучих елементів віддають шаруватим.

В якості шаруватих наповнювачів можна використовувати нейлон, азбест, скляні або сталеві волокна і т.п. Як сполучні матеріали застосовують фенолові, поліефірні, епоксидні та силіконові смоли.

Виробництво ламінатів почалося у сорокових роки. Швидке зростання випуску смол, призначених для вироблення ламінатів, почалося у США та у СРСР вже у 1941 р. Продиктовано це, переважно, вимогами спеціальних галузей промисловості.

Масове виробництво ламінатів промисловістю посідає початок п'ятдесятих років XX століття. Скляні ламінати на базі епоксидних смол (EWS – епоксидна смола, посилена склом) знайшли застосування у виробництві штампів, інструменту, баків, труб, а також різних несучих елементів в автомобільних, авіаційних та ракетних конструкціях.

У нафтовій промисловості широко застосовують апаратуру та труби зі скляних ламінатів, які мають таку саму міцність, що й сталь, але майже в 5 разів легші.

У конструкціях автомобільних кузовів ламінати EWS конкурують не тільки зі сталевими листами, а й з дешевшими феноло-бавовняними ламінатами. Це йде через величину відношення міцності ламінату до його питомої ваги, тобто величини питомої міцності. З цих міркувань ламінати значно вигідніші за такі традиційні конструкційні матеріали, як сталь.

Крім того, *переваги скляних ламінатів* полягають у наступному:

- високій опірності корозії та гниттю;
- високій стійкості проти дій хімічних сполук;
- можливості в широких межах регулювати міцність матеріалу в залежності від вимог що висуваються до виробу;
- високій світлопроникності;
- дуже хороші електроізоляційні властивості;
- легкості формування великих та складних деталей;
- мінімальних витратах на виробниче обладнання;

- легкість ремонту пошкоджених елементів шляхом накладання вручну додаткових шарів ламінату.

Зі скляних ламінатів можуть бути виготовлені високоякісні вироби як при масовому виробництві високоавтоматизованим способом (наприклад, ізоляція балонів високого тиску для рідких газів), так і при дрібносерійному виробництві (наприклад, човни).

Крім того, методом навивання з ламінатів EWS виконують корпуси підводних човнів глибокого занурення, балони для зріджених газів (випробувані на внутрішній тиск до 500 кгс/см^2), а також дула стрілецької зброї (головним чином мисливської та спортивної). Перевагою останнього є менша маса, а також малий коефіцієнт теплопровідності, що особливо важливо для полярних умов та тропіків.

Скляні ламінати застосовують також у прокладних конструкціях – тришарових із серцевиною стільникової структури або у вигляді жорсткої піни.

З прокладних конструкцій, виконаних з епоксидно-скляних ламінатів, внаслідок їх високої міцності та хорошого опору вібраціям високої частоти виготовляють лопаті, резервуари, крила, керма та стабілізатори стійкості вертольотів, елементи корпусів радарних антен тощо.

Можна стверджувати, що скляні ламінати знаходять застосування у всіх галузях техніки. Чисельні співвідношення їх застосування між окремими областями виробництва, у різних країнах різні, та залежать від рівня розвитку техніки, а також кліматичних умов.

Це багатостороннє використання ламінатів обґрунтовано проведеними численними експериментами. У разі застосування ламінатів для інших деталей, особливо для несучих елементів конструкцій, необхідне проведення глибоких досліджень щодо подальшого вивчення властивостей цих матеріалів, а також напрямку їх вдосконалення.

5.12.1 Характеристика шаруватих матеріалів

Шаруваті матеріали за багатьма параметрами різко відрізняються від металів. Це визначається їх різною будовою. Скляний ламінат утворений двома основними компонентами, а саме скляними волокнами та затверділою смолою.

Обидва ці компоненти характеризуються дуже різними фізико-механічними властивостями. Об'єднанням їх у ламінат, заснованим на впровадженні скляних волокон у смолу, отримують твердий двокомпонентний матеріал.

Міцні властивості ламінату, що є анізотропним матеріалом (властивості різні за різними напрямками), залежать головним чином від властивостей смоли та наповнювача, ступеня їх об'єднання та кількісних співвідношень. Анізотропність механічних властивостей виникає у процесі затвердіння, і його можна регулювати у значних межах залежно від призначення.

З великої кількості смол, що застосовуються у виробництві скляних ламінатів, особливої уваги заслуговують епоксидні та поліефірні. Епоксидні смоли отримують поліконденсацією багатоатомного фенолу, наприклад, ціана з апіхлорогідрином у лужному середовищі.

Це термопластичні смоли з дуже високою в'язкістю та забарвленням від жовтого до темно-бронзового. При змішуванні смол із затверджувачами (хімічні сполуки, здатні до полімеризації з епоксидними групами) в результаті полімеризації виходить високомолекулярний полімер.

Затверділі смоли характеризуються:

- високою адгезією до металу, кераміки та інших матеріалів;
- хорошими механічними та діелектричними властивостями;
- гарною стійкістю проти атмосферних впливів та дії хімічних речовин.

Затверджувачами епоксидних смол є поліаміди та ангідриди органічних кислот. Затвердіння за допомогою аліфатичних амінів здійснюється при кімнатній температурі, а ангідридів при температурі 60-150°C. Смола, затверділа при підвищеній температурі, відрізняється кращими електротехнічними властивостями та вищою міцністю.

Поліефірні смоли отримують поліконденсацією бікарбонових кислот з гліколями та подальшим розчиненням поліефіру в стиролі. Шляхом спільної полімеризації поліефірної смоли з вініловим мономером отримують нерозчинний та неплавкий високомолекулярний полімер.

Властивості затверділих поліефірних смол залежать в основному від типу кислот, гліколю та мономерів, числа подвійних зв'язків, що падають на частинку поліефіру, та співвідношення чисел зв'язків мономеру та поліефіру.

Конструкційні смоли – це малеінофталеопропіленові смоли з добавкою 30-35 % стиролу. Їхня реактивність при спільній полімеризації, а також жорсткість після затвердіння залежить від відношення молей малеїнової та фталевої кислот. Їх в'язкість за нормальної температури 20°C становить 1000 сП. В'язкість смоли можна знизити додаванням стиролу.

Тиксотропна смола утримується, не стікаючи на вертикальних та стельових поверхнях. Її наносять на перший шар ламінату, а також зовнішні поверхні елементів кузовів, оберігаючи від проникнення – в структуру волокон наповнювача.

Спільна полімеризація подвійних зв'язків у поліефірній смолі та мономері відбувається при підведенні тепла, ультрафіолетовому опроміненні, додаткових каталізаторах та прискорювачах. Сама поліефірна смола під дією сонячних променів також полімеризується, що є небезпечним при зберіганні продукту на складі.

Довговічність незатверділих поліефірних смол, виражена у часі, зазвичай становить 6-12 місяців. Для надання смолі бажаного кольору в неї вводять барвники чи пігменти. Барвники є органічними речовинами, розчинними в поліефірній смолі, тому можна отримати забарвлені та прозорі вироби.

З додаванням барвників та пігментів, безперечно відбувається зміна характеристики процесу полімеризації смоли. Цей вплив необхідно визначати досвідченим шляхом.

Інший основний складовою ламінатів є скловолокно. Внаслідок високої міцності на розтяг окремих волокон їх стали застосовувати як наповнювачі при виробництві конструкційних ламінатів.

Фізичні властивості скловолокон наведені нижче. Міцність скловолокна на розтяг збільшується в міру зменшення діаметра окремих волокон, наприклад, при діаметрі 9 мм дорівнює 120-165 кгс/мм² а при діаметрі 5 мм становить 240-290 кгс/мм². Міцність смуги, що складається з численних волокон, менша приблизно на 20 %, а міцність тканини ще нижче.

У кузовобудуванні застосовують безлужні (кількість вільних лугів не перевищує 1 %) волокна, що позначаються буквою Е. Скло з великим вмістом лугу (позначається буквою S) дешевше, але під дією вологи втрачає міцність.

Серед численних позитивних властивостей скловолокна особливу увагу заслуговують наступні:

- негорючість, неохочість до гниття, низьке водопоглинання, несприйнятливість до ультрафіолетових променів, термічна стійкість;
- антикорозійна стійкість, стійкість проти комах та гризунів;
- хімічна стійкість, висока міцність на розтяг, мале подовження при розриві.

Скловолокна часто покривають замасливателями, які полегшують подальшу обробку (ткацтво і кручення) і є звичайним розчином воску мінерального походження в трихлоретилені з добавкою мінеральних масел. Такі волокна не можна використовувати при виготовленні скляних ламінатів внаслідок їхньої малої адгезійної здатності.

Тому для збільшення міцності смол застосовують волокна, покриті хімічно активним препаратом. Препарат наносять або після видалення масла, або відразу при виготовленні волокна.

У ракетній та космічній техніці застосовують епоксидні ламінати дуже високої механічної міцності та малої маси. Для зміцнення застосовують монокристалічні нитки металів та їх оксидів. Дуже висока вартість виготовлення монокристалічних ниток металів обмежує сферу їхнього застосування.

Залежно від призначення, а також технологічного процесу виробництва конструктивних елементів зі скляних ламінатів, скляні волокна випускають у смугах (рівінг), матах та склотканинах. Смуга є зв'язками паралельних скляних волокон у кількості 102 або 204 штук.

Мати зі скляних волокон можуть бути таких видів:

- клеєні, тобто представляють фетр з рубаних скловолокон довжиною 50 мм випадкової орієнтації;
- шиті з рубаних волокон завдовжки 50 мм.

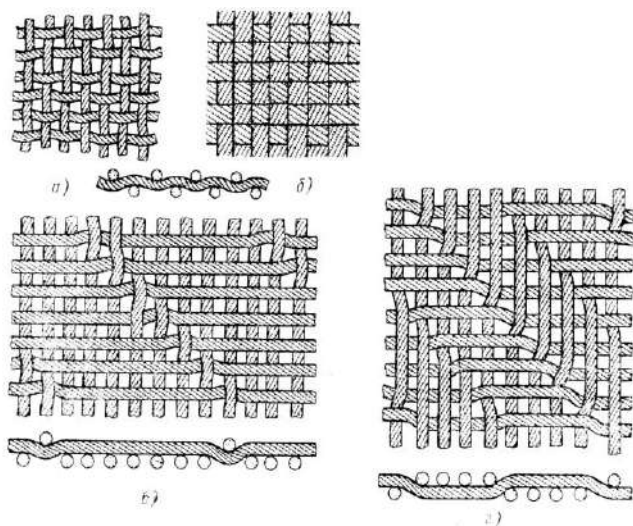
Вони легше піддаються формуванню, ніж клеєні, тому застосовують їх головним чином під час виробництва складних

форм.

Склотканини розрізняють в основному способом переплетення та одиничною масою. Тканини з волокна, що не тягнеться, використовують рідше, ніж тканини зі смуг (рівінгових), так як вони не завжди забезпечують високі міцнісні властивості ламінатів.

Виготовляють склотканини в основному на звичайних ткацьких верстатах трьома способами текстильного плетіння, які можуть мати місце в багатьох комбінаціях та варіантах (рис.5.7): полотняний; сатиновий; рядний.

Іншим типовим видом тканин є так звана тканина із високим модулем (рис.5.8). Такі тканини мають два або три шари паралельних смуг (рівінга), укладених у перпендикулярних напрямках та пов'язаних тонкою ниткою. У виробництві ламінатів застосовують також тривимірне скляне посилення (рис. 5.9). Відповідно до виду нитки та основи розрізняють тканини одно- та двомірні.



а – рідка полотняна тканина; б – частина полотняна тканина;
в – сатиновий восьмикутник; г – рядне плетіння

Рисунок 5.7 – Схеми плетіння,
що застосовуються в склотканинах

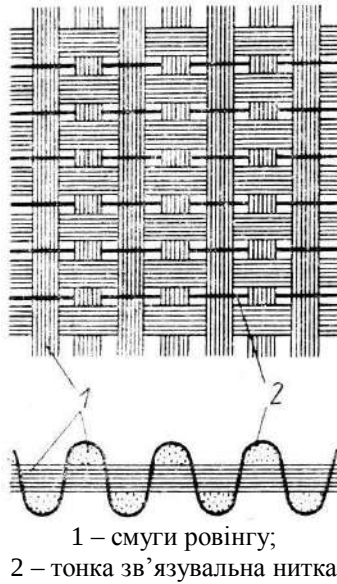


Рисунок 5.8 – Схема будови тканини з високим модулем

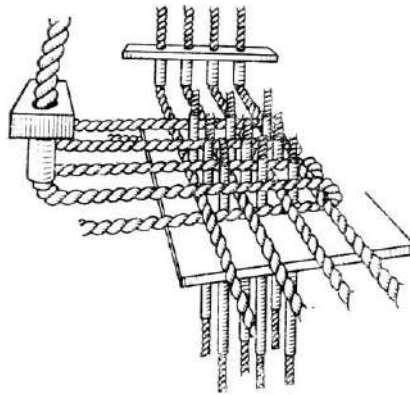


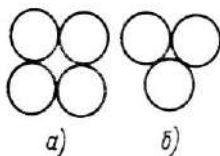
Рисунок 5.9 – Тривимірне скляне посилення

Двовимірні тканини мають однакову міцність у напрямку нитки та основи, тому що в обох напрямках використовують однакову пряжу на основу та нитку і в тій самій кількості. В одномірних тканинах застосовують менше пряжі, та її кількість

для виготовлення нитки та основи різна. Зазвичай основа посилена у кілька разів.

Міцні властивості скляних ламінатів залежать від властивостей їх основних частин. Очевидно, що скловолокна високої пружності майже повністю сприймають розтягуючі зусилля, у той час як смола є сполучною речовиною, що з'єднує окремі волокна між собою. Отже, чим більший вміст скловолокон в ламінаті, тим вищі його властивості міцності. Існує, однак, певний кордон. Щоб окремі скловолокна могли взаємодіяти при сприйнятті навантажень вони повинні бути пов'язані між собою смолою.

Теоретично при односпрямованому розташуванні волокон максимальна концентрація їх залежно від прийнятої моделі укладання може становити близько 78 % обсягу при чотирикутному укладанні та приблизно 91 % при трикутному (рис. 5.10).



- а – чотиристороння схема – 78,54 % об'єму волокна;
б – трикутна схема – 90,76 % об'єму волокна

Рисунок 5.10 – Можливі варіанти
упаковки скловолокон

Однак на практиці внаслідок великої в'язкості смоли, а також нерівномірної будови склоарматури вміст скловолокон у ламінаті значно менший. Воно визначається особливостями смоли, типом арматури, видом поверхневого оздоблення волокон, а також тиском та температурою формування ламінатів.

Максимальні властивості міцності виходять, отже, при строго певній концентрації скловолокон в ламінаті, яку слід визначати вимірюванням.

Міцність ламінату на розтяг, вигин та стиснення, а також на удар при збільшенні концентрації скла зростає до певного максимального значення, що відповідає оптимальному

кількісному співвідношенню складових частин, а потім швидко зменшується, що пов'язано з технологією процесу виробництва. При дуже високій концентрації скла в процесі формування необхідно створювати значний тиск, який може спричинити пошкодження волокон.

Концентрація скловолокон визначається як рівень армування ламінату. Розрізняють ваговий та об'ємний ступінь армування. Визначають її дослідним шляхом, заснованим на зважуванні зразка з ламінату, витримуванні його в залежності від виду смоли при температурі в кілька сотень градусів (в результаті прогріву залишається тільки скло, так як смола вигорє), при подальшому зважуванні залишку та порівнянні його маси з початковою масою зразка. Таким чином, одержують середні значення ступеня армування зразка. Існує також спосіб визначення рівня армування ламінатів без руйнування зразка.

Ступінь армування ламінату залежить від наступних факторів:

- питомої ваги смоли;
- маси тканинної оболонки або скляного мату;
- числа шарів тканини чи скляного мату;
- товщини ламінату.

Зразок, що не руйнується, особливо придатний для контролю ступеня армування ламінату при серійному або потоковому виробництві. Міцні властивості ламінату істотно залежать також і від технології затвердіння.

Процес затвердіння можна умовно поділити на кілька етапів:

- попереднє затвердіння;
- власне затвердіння (можливе під високим тиском);
- додаткове прогрівання (додаткове затвердіння).

Вплив додаткового прогріву на властивості міцності ламінату особливо проявляється при контактному методі формування.

Анізотропність механічних властивостей ламінату залежить від виду посилювальних матеріалів. Ламінати, посилені скляними матами, можна з достатнім для практики наближенням вважати ізотропним матеріалом. Смуги паралельних волокон значно збільшують міцність осі волокон.

Як вже згадувалося, міцнісні властивості скляних ламінатів

істотно залежать від типу смоли.

Епоксидні ламінати мають більшу межу міцності на розтяг, стиснення та вигин у порівнянні з іншими (за винятком фенольних). Це пояснюється відносно малими усадками смоли під час полімеризації (близько 2 % для епоксидної смоли і приблизно 7 % для поліестрової смоли) і, отже, меншою внутрішньою напругою на межі смоли – скловолокно.

Показники міцності змінюються у досить широких межах, які залежать від ступеня армування ламінатів. Помітний вплив на міцність ламінатів має також вид посилюючого матеріалу та метод формування.

При тривалій дії навантажень, що повторюються, скляні ламінати руйнуються при напругах менше тих, які відповідають тимчасовому опору. Сталість міцності ламінатів залежить головним чином від наступного:

- часу дії зусилля та її величини;
- виду та властивостей смоли;
- типу скляного армування;
- температури.

Найбільшу міцність мають ламінати з епоксидної смоли (проти поліестрової). Деякі особливості ламінатів слід сприймати як інформаційні. Проте обсяг та призначення посібника не дають можливості докладно висвітлити ці питання. Тому опущено проблеми змінних навантажень, реологічні особливості, термічна стійкість, тощо.

Внаслідок великої різноманітності вихідних матеріалів можна отримувати ламінати (розрізняються фізичними властивостями) з дуже різними властивостями міцності. Тому порівнювати властивості ламінатів необхідно з урахуванням точних даних про вид та кількість використовуваних для виробництва матеріалів, технології виготовлення, а також виду та способу проведення випробувань.

5.12.2 Способи виготовлення ламінатів

Серед існуючих в даний час способів виготовлення ламінатів слід згадати такі *види формування*:

- ручне (контактне);
- напилення;

- під тиском;
- потоковий для плит та профілів;
- навивка.

Ручне формування ламінатів засноване на просоченні елементів скляної арматури рідкою смолою за допомогою ручного обладнання. Цей метод, відомий також як контактний, є простим та не вимагає дорогого обладнання.

Затвердіння заформованого ламінату зазвичай відбувається при нормальному тиску та кімнатній температурі. За допомогою цього методу можна виробляти елементи великих розмірів, виготовлення одиночних виробів та невеликими серіями також окупається.

Для виконання елемента з ламінату необхідна форма, яку можна отримати з різних матеріалів, наприклад, з металу, дерева, ламінату та інших пластмас. Вибирають матеріали для форм переважно з економічних міркувань. Форми можуть складатися з однієї, двох або кількох деталей.

Ламінати, заформовані ручним методом, відрізняються невеликим вмістом скла, мають значні відмінності у структурі, нерівномірну товщину, негладку поверхню, низькі механічні властивості та неоднорідні. Такі ламінати не можна застосовувати для виготовлення несучих конструктивних елементів.

Формування шляхом напилення засноване на одночасному нанесенні смоли з рубаним скловолоком на попередньо підготовлену форму. Установка для отримання 450 кг та більше ламінату способом напилення окупається за день роботи.

Порівняно з ручним методом з використанням скляних матів метод **напилення має такі переваги:**

- дещо більший ступінь армування;
- меншу трудомісткість;
- менші вартість обладнання та витрати смоли.

Ламінування шляхом напилення застосовують головним чином при виготовленні великих предметів, таких, наприклад, як автомобільні кузови, човни, а в будівельних роботах насамперед для ізоляції дахів, тунелів, стін каналів, резервуарів і т.п.

Для покращення якості ламінатів, отриманих напиленням, вони можуть виконуватися у двосторонніх формах, які

забезпечують більш точну конфігурацію обох сторін ламінату.

5.13 Види з'єднань

Оскільки кузови автомобілів є тонкостінними листовими конструкціями, то обмежимося лише розглядом елементів, виконаних з листа. Одним із найважливіших питань для листових конструкцій є спосіб з'єднання листів.

Від нього значною мірою залежать міцність та витривалість конструкції, особливо при змінних навантаженнях. Широке застосування знаходять такі *способи з'єднання листів*: клепка, зварювання, склеювання.

Це все нерозбірні з'єднання, і тут будуть розглянуті лише такі. Кожна з цих сполук має певні переваги та недоліки.

Клепані сполуки застосовують переважно в тих випадках, коли матеріал незварювальний або якщо необхідно уникнути термічної напруги, що виникає при зварюванні.

Клепка – найстаріший спосіб отримання нероз'ємного з'єднання, його основною перевагою є простота, відсутність дії тепла та легкість з'єднання різних металів. Часто клепані конструкції використовують як менш тверді. Так, наприклад, клепані автомобільні рами більш піддатливі при крученні, ніж зварні, які значно жорсткіші і схильні до утворення тріщин.

Безперечним *недоліком клепаних сполук* є те, що клепані елементи з'єднані між собою лише в місцях клепки, а крім того, значно послаблюються отворами, які є концентраторами напруги.

Тому треба пам'ятати про правильний підбір діаметра заклепок по відношенню до товщини листів і відповідного розміщення самих заклепок. Діаметр заклепки є функцією товщини листів, що з'єднуються. Щодо цього немає жорсткого правила, але заклепку завжди слід перевіряти на зминання та зріз.

Зазвичай діаметр заклепки приймають за даними довідкової літератури. Зварні та інші види з'єднань придатні як для сталевих, так і для алюмінієвих конструкцій. Зварювання відноситься до найпростішого способу з'єднання, і його застосовують повсюдно.

Зварні з'єднання відрізняються простотою конструкції, невисокою вартістю, а також порівняно малою масою шва.

Недоліком зварних з'єднань є поява додаткових напруг від

нагрівання (особливо серед ацетилену). Міцність зварного шва нижче, ніж самого матеріалу.

Існують різні способи зварювання такі, як:

- газова (ацетилен);
- дугова ручна;
- автоматична дугова під шаром флюсу;
- електрична контактна (точкова, роликова, стикова);
- пучком електронів.

Не зупиняючись на технологічних процесах зварювання, описаних у відповідній літературі, розглянемо **питання, які конструктор має знати та вирішувати** під час проектування зварних вузлів та деталей. До цих питань належать:

- зварюваність, особливо двох різних матеріалів;
- види зварних швів, які слід застосовувати в даному випадку, зважаючи на міцність шва та його стійкість при втомному руйнуванні.

При цьому слід пам'ятати, що зварний шов погано працює на розтяг, і конструкція повинна бути спроектована так, щоб шов піддавався тільки зсуву або стиску. Сплави металів (крім сталевих) зазвичай зварюють в ацетилені під час використання флюсів (порошків чи паст).

Дугове зварювання потребує захисного покриття у вигляді аргону або гелію. Для покращення структури та механічних властивостей зварного з'єднання можна застосувати багатошарове дугове зварювання або піддати зварений елемент термообробці з метою його нормалізації.

Точкове зварювання обмежено в основному двома листами, причому співвідношення товщин листів не повинно бути більше трьох. Зварювальні параметри слід встановлювати для тоншого листа. При зварюванні трьох листів найбільш товстий лист необхідно розташовувати – у середині.

Мінімальний крок між точками при з'єднанні двох листів слід приймати $2,5d$, а при з'єднанні трьох – близько $4d$ де d – діаметр зварної точки.

У практиці $d=0,8-1,4$ діаметра електрода. У швах з'єднань кузова крок (відстань між зварними точками) зазвичай становить 10-35 мм. При розташуванні точок у шаховому порядку ця відстань дорівнює (максимально) 40 мм.

Точкове зварювання найчастіше застосовують при складанні листових елементів кузова, зварювання виступами – при обробці деталей малих розмірів, а роликове зварювання – при виготовленні герметичних резервуарів.

Монтаж корпусу кузова здійснюють за допомогою точкового зварювання підвзлів, а потім каркаса у відповідних пристосуваннях. Для легкових автомобілів зварюють від 4 до 10 тис. точок за 20-35 чол.-год. Для точкового зварювання застосовують листи завтовшки 0,5-3 мм.

У сталевих зварних конструкціях найслабшим місцем є шов. У конструкціях із алюмінієвих сплавів в результаті зварювання відпускається ціла область шва, а це позначається на міцності з'єднання.

При одноосовій системі дії напруг необхідно перевірити, чи не перевищують вони еквівалентні (нормальні та дотичні) допускаються. Цю напругу можна визначити, розділивши тимчасовий опір на розрив на 2,5 або межу плинності $R_{0,2}$ на 1,5.

Визначальною є менша величина. Допустима напруга зсуву не повинна перевищувати 0,6 напруг, що допускаються на розтяг; для алюмінієвих металів 0,58. У разі багатовісної системи напруги перевіряти міцність слід за відповідними нормами.

Однак слід пам'ятати, що теплове розширення алюмінієвих сплавів вдвічі вище, ніж сталі, і тому в змішаних конструкціях (сталь – алюміній), що працюють при температурах, що сильно змінюються, необхідно враховувати вплив різного для сталі і алюмінієвих сплавів теплового розширення, при якому виникають додаткові напруги. Крім того, необхідно пам'ятати, що модуль Юнга E для алюмінієвих сплавів зменшується зі зростанням температури і при температурі 400°C він на 25 % менше, ніж у звичайному стані.

Склеювання металів стали впроваджувати у виробництво авіаційних конструкцій у 50-х роках. Як тільки заклепувальний шов виявився надто неточним для прецизійних авіаційних конструкцій внаслідок його основних недоліків, таких, як аеродинамічний опір, необхідність багаторазового виконання порожнин високонавантажених оболонок, виникла проблема застосування нових покращених методів з'єднання, що забезпечують гладку поверхню і з'єднують два елементи по всій

поверхні стику і тому стійкі під час дії змінних навантажень.

З того часу, як були створені відповідні синтетичні клеї, з'єднання металів склеюванням стало набувати все більшого значення та поширення.

Тепер склеюють метали не тільки при виготовленні авіаційних конструкцій, тому що це зручний та дешевий (у серійному виробництві) спосіб з'єднання окремих елементів. Деякі клеї дають з'єднання, міцність яких перевищує міцність клепаних з'єднань, часто дуже складних.

Технологія склеювання не впливає на механічні властивості матеріалу, що склеюється, тому таке з'єднання має високу втомну міцність.

Порівняльні випробування на втому балок, що згинаються, показали значну перевагу клейових сполук порівняно зі звареними і клепаними. Очевидно, має бути дотримано правильної технології, а елементи, призначені для склеювання, повинні бути підготовлені відповідним чином.

До недоліків склеювання слід віднести необхідність суворого дотримання технології, а також застосування притискного обладнання, що окупається лише у великосерійному виробництві.

З точки зору затвердіння **клеї ділять** на:

- холодні, що твердіють при 20-100°C;
- гарячі, твердіють при температурі 130-200°C.

Клеї бувають рідкі, у вигляді паст, порошоків, стрижнів і фольги або плівки, нанесеної на матеріали. Рідкі клеї наносять на поверхню за допомогою кисті або шпателя, зануренням у клей або обприскуванням.

В'язкість клею регулюють розчинником або підігрівом. Клейові продукти у вигляді пасти, що не містять розчинника, придатні для одержання товстих шарів. Клей у вигляді порошку розпорошують по поверхні. Склеювані елементи нагрівають до або після склеювання з метою усунення слідів повітря.

При використанні клею у вигляді стрижнів деталей, що склеюється, нагрівають для того, щоб клей розійшовся рівномірно.

Нарешті, клей у вигляді фольги або плівки не вимагає розчинника, товщина клейового шару стала, і клей знаходиться в стані, готовому для вживання. Такі клеї, отже, прості у

використанні. При конструюванні з'єднань, що склеюються, слід пам'ятати, що таке з'єднання не повинно працювати на розтяг або відрив. Найкраще склеєне з'єднання (працює на зріз, так само, як і зварене.

На міцність клейового з'єднання впливають:

- вид клею;
- властивості склеюваного матеріалу;
- товщина шару клею і склеюваного матеріалу;
- склеювана поверхня.

Однак слід пам'ятати, що при динамічних навантаженнях і при великій кількості циклів порядку 10⁷ або 10⁸ міцність клейового з'єднання може знизитися на 50 % від початкового значення, але при подальшому зростанні кількості циклів міцність більше не зменшується. 0,5 мм.

5.13.1 Клеї

Для склеювання гуми використовують клеї, отримані внаслідок розчинення натурального каучуку. Як вулканізуючу добавку використовується сірка, як прискорювач вулканізації – окис магнію або олово, розчинником служить бензол або бензин.

З'єднання гуми з металом холодним способом здійснюють ***самовулканізуючим клеєм*** з ваговим складом: каучук натуральний 20 %, цинкова смола 13 %, окис магнію 1 %, окис алюмінію 3 %, окис кальцію 12 % розчинник 61,2 %.

Для склеювання оргскла – поліметакрилат бутилу або поліацетол, дерева – феноло-формальдегідні клеї або сечовиноформальдегідні.

6 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПО КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСУ КУЗОВА

6.1 Вимоги до конструкції кузова

Корпус – найбільша та важлива частина кузова. Його головна функція – сприйняття навантажень від ваги пасажирів або вантажу, а у разі несучого кузова (безрамного автомобіля) – також навантажень від роботи підвіски та ваги закріплених на кузові механізмів автомобіля. Крім того, кузов захищає пасажирів і вантаж від пилу та негоди, а його форма у поєднанні з формою оперення визначає зовнішній вигляд автомобіля.

Вимоги до конструкції корпусу зводяться в основному до наступного:

- місткість корпусу повинна бути максимальною для габаритів даного автомобіля. Для цього стінки корпусу роблять мінімальної товщини, а підлогу можливо нижче, витримуючи заданий просвіт між автомобілем і дорогою;
- стійки кузова слід виконувати, можливо, більш тонкими, щоб не порушувалася оглядовість;
- необхідно, щоб перекоси кузова при їзді або при зупинці на нерівній дорозі не викликали істотних змін прорізів дверей і вікон, щоб уникнути заклинювання або самовідкриття дверей, руйнування скла і порушення їх ущільнення в отворах. Корпус повинен протягом усього терміну служби протидіяти силам, що виникають при торканні з місця, гальмуванні, поворотах та їзді нерівною дорогою, а також сприймати удари при невеликих аваріях з найменшими деформаціями конструкції та форми;
- термін служби корпусу повинен приблизно дорівнювати терміну служби автомобіля (10-15 років – норми 70-х років XX століття). Корпус не повинен руйнуватися під дією вологи, тряски, сонячного опромінення;
- при русі автомобіля не допускаються в корпусі помітні вібрації, деренчання, скрипи та стукіт;
- у конструкції корпусу не допускаються місця скупчення

вологи (осередки корозії), а за наявності таких місць має бути передбачене відведення вологи;

- корпус повинен легко зніматися з рами автомобіля, а його конструкція – забезпечувати можливість демонтажу та ремонту, прихованих під корпусом механізмів автомобіля та вільний доступ до них;
- необхідно, щоб кількість деталей корпусу, особливо різноіменних, було мінімальним. Так звані ліві та праві деталі бажано виконувати однаковими. Подібні між собою деталі слід уніфікувати;
- конструкція корпусу повинна бути технологічною, зручною для складання та оздоблення, а деталі його – простими у виготовленні.

Як бачимо, деякі вимоги суперечать іншим. Так, бажане зменшення ваги спричиняє погіршення акустичних властивостей корпусу; для підвищення жорсткості та міцності корпусу потрібні порівняно широкі стійки та заокруглення або косинки в кутах віконних та дверних отворів, але ці заходи обмежують оглядовість та збільшують вагу корпусу тощо.

Тому в конструкції кузова, залежно від призначення автомобіля та умов виробництва, головна увага приділяється або міцності, або вазі, або акустичній характеристиці, тощо. Для більшості кузовів значимість вимог перебуває у наведеній вище послідовності, окрім технологічних вимог.

6.2 Класифікація конструкцій корпусів автотранспортних засобів

Конструкції сучасних корпусів *розразняються*:

- за способом сприйняття навантажень;
- за наявністю в конструкції каркасу (остова);
- за матеріалом, з якого виготовлено конструкції.

Якщо рама автомобіля та кузов еластично пов'язані за допомогою пружин чи гумових прокладок, то корпус не несе інших навантажень, крім власної ваги та ваги пасажирів та вантажу. Такий корпус називається *ненесучим*.

Якщо рама та кузов з'єднані жорстко (болтами, заклепками або зварюванням), частина навантажень від ваги механізмів та зусилля від роботи підвіски передаються рамою корпусу. Такий

корпус називається *напівнесучим*.

Якщо рама відсутня, корпус приймає всі перераховані навантаження і називається *несучим*. При цьому механізми автомобіля кріпляться до корпусу.

Останнім часом поширені також так звані *інтегральні корпуси* або корпуси з несучою основою, що складаються з двох частин – основи та надбудови. Вони відрізняються від несучих кузовів тим, що основа здатна сприймати всі або майже всі навантаження, а надбудова не призначена для сприйняття навантажень, внаслідок чого вона може бути виконана дуже легкою, з невеликою кількістю стійок та широкими віконними отворами, тощо.

У деяких кузовах сучасних автомобілів у конструкції корпусу зберігся закінчений каркас, або кістяк (скелет). В цьому випадку оболонку кузова (облицювання) закріплюють при виготовленні кузова на зібраному каркасі.

В інших кузовах є лише частина каркасу – окремі стійки, дуги, бруски, підсилювачі, які пов'язані між собою безпосередньо або листами облицювання. При такій конструкції потрібне одночасне складання каркаса та облицювання.

Багато кузовів зовсім не мають каркаса; він замінений ребрами жорсткості, що утворюються при з'єднанні окремих листів облицювання, краям яких надається відповідний профіль.

Таким чином, є каркасні, напівкаркасні та безкаркасні корпуси. Каркас виконується з металу (сталі, дюралюмінію) або дерева, облицювання також може бути сталевим, алюмінієвим, пластмасовим або дерев'яним (в останньому випадку його називають обшивкою).

В автомобілях найбільшого поширення набули корпуси наступних типів:

1. Для легкових автомобілів масового виробництва – несучі або інтегральні, сталеві, безкаркасні або напівкаркасні корпуси.

2. Для легкових автомобілів обмеженого випуску:

- ненесучі сталеві безкаркасні або напівкаркасні корпуси (автомобілі вищого класу);
- ненесучі корпуси зі сталевим (або зі сплавів алюмінію) каркасом, пластмасовим або алюмінієвим (рідше сталевим) облицюванням.

3. Для кабін вантажних автомобілів – ненесучі напівкаркасні або каркасні сталеві (рідко з облицюванням зі сплавів алюмінію або пластмаси) корпуси.

4. Для автобусів:

- несучі каркасні корпуси зі сталі та сплавів алюмінію;
- несучі напівкаркасні корпуси зі сталі та сплавів алюмінію;
- інтегральні, найчастіше каркасні, корпуси зазвичай зі сталевим каркасом та алюмінієвим облицюванням;
- каркасні або секційні ненесучі корпуси, з різних матеріалів.

5. Для фургонів та спеціальних кузовів:

- несучі та інтегральні корпуси, аналогічні автобусним;
- ненесучі каркасні та безкаркасні сталеві або алюмінієві корпуси;
- ненесучі корпуси з дерев'яним каркасом, сталевим або алюмінієвим облицюванням.

За характером конструкції, формі та способу виробництва всі корпуси перерахованих типів можна розділити на три групи:

1. Корпуси масового виробництва, що складаються зі сталевих штампованих панелей. Відповідно до обтічної або округлої форми кузова, панелі мають опуклу форму і при виготовленні їх піддають витяжці; основний метод з'єднання деталей – електрозварювання. До цієї групи належать корпуси більшості легкових автомобілів та кабін вантажних автомобілів.

2 Корпуси автобусів, загальними рисами яких є відносно великі розміри, наявність довгої середньої частини з постійним поперечним перерізом і елементами (секціями) конструкції, що повторюються, обмежені масштаби виробництва корпусів при можливому масовому випуску окремих елементів.

Особливості автобусних корпусів – широке застосування деталей з профілів, гнутих (без витяжки) та плоских панелей, різноманітність методів з'єднань (клепка, зварювання тощо) та матеріалів (сплави алюмінію, сталь, пластмаса).

3. Інші корпуси немасового виробництва, з яких заслуговують на увагу корпуси з пластмасовим облицюванням (мають великі перспективи розвитку) і корпуси з дерев'яним каркасом (раніше поширені, але все ще застосовувані). До цієї

групи (за характером виробництва) в даний час можуть бути віднесені деякі корпуси легкових автомобілів та кабін вантажних автомобілів з легких металів, перспективи яких ще не цілком визначилися.

6.3 Про розрахунки та випробування кузова на міцність і жорсткість

Протягом тривалого періоду розвитку автомобіля його кузов розглядався як споруда, яка не вимагає розрахунку і не піддається йому. Конструкцію корпусу кузова розробляли з урахуванням досвіду конструкторів, емпірично.

Необхідні жорсткість та термін служби кузова досягалися головним чином за рахунок підвищених запасів міцності (за рахунок великої ваги кузова) та ізоляцією кузова від навантажень, що сприймаються частинами автомобіля у його русі, тобто шляхом установки несучого корпусу кузова на несучу раму шасі за допомогою еластичних з'єднань.

Однак ці з'єднання не можуть бути настільки еластичні, щоб повністю розвантажити корпус. Крім того, необхідні міцність і жорсткість самого корпусу (постійність дверей, сприйняття частинами отвору навантажень від дверей, сприйняття власної ваги та ін.). Таким чином, навіть у разі несучого кузова корпус останнього несе значні навантаження і повинен мати певні міцність та жорсткість. Це тим більше відноситься до несучих кузовів.

Практикою встановлено (з впровадженням у масове виробництво суцільнометалевих кузовів), що просторова система корпусу, що сформувалася, при незначному її посиленні або зміні, здатна сприймати не тільки перераховані вище навантаження, а й слугувати несучим органом всього автомобіля, замість рами шасі.

Незважаючи на масовість виробництва автомобілів, як з несучими, так і з ненесучими кузовами, конструкція корпусу кузова розробляється, як і раніше, на основі досвіду конструкторів і лише в окремих випадках, супроводжується небагатьма перевірочними розрахунками (метод Горьківського автозаводу) та експериментами.

Це призводить найчастіше до підвищеної ваги кузовів, а в

окремих випадках (через рішення вузлів чисто конструктивними прийомами, без урахування законів будівельної механіки та без розрахунку корпусу) до недостатньої міцності, жорсткості та терміну служби вузлів та корпусу в цілому. Розрахунок просторової системи складної форми на динамічні навантаження вкрай громіздкий.

При розрахунку умовно приймають:

- боковину кузова плоскою, хоча насправді її поверхня може бути вигнута як у поздовжньому напрямку, так і в поперечному;
- окремі вигнуті стрижні системи прямими;
- момент інерції перерізу кожного стрижня (стійки, бруска) незмінним; насправді цей переріз може змінюватись (наприклад, переріз середньої стійки кузова легкового автомобіля у верхній частині значно менший, ніж у нижній);
- кути між певними постійними стрижнями, хоча вони можуть збільшуватися і зменшуватися (перекуси) при роботі системи;
- окремі вузли з'єднання стрижнів шарнірними, хоча вони з'єднуються жорстко і здебільшого закриваються привареним або приклепаним до деталей каркасу облицюванням;
- навантаження розподіленими рівномірно та прикладеними до лонжерону основи або до нижнього бруска боковини; насправді вага пасажирів розподіляється на подушки, спинки сидінь і підлогу, причому сидіння часто спираються на бруси в середній частині кузова, а не в нижній.

Однак за цих умов система залишається статично невизначеною, і для розрахунку її необхідно відкидати деякі елементи; розрахунок виробляється на статичні навантаження.

Для наближення його до дійсних умов запас міцності приймається рівним 4-5. Несуча система розглядається як балка, що лежить на чотирьох опорах, розташованих в одній площині (вигин) або двох площинах (підйом одного з коліс).

Першим етапом при розрахунку системи є розкладання її на ряд плоских систем із спрямованими елементами постійного

перерізу. Другим етапом є аналіз розподілу навантажень по довжині автомобіля та передачі їх від кузова до підвіски. Після цього аналізу можна братися до розрахунку, користуючись методом деформацій. При цьому розрахунок на вигин достатньо проводити тільки для боковини кузова та балок основи (якщо вони є).

Так як такий розрахунок є не тільки умовним, а й складним, то користуватися ним при розробці конструкції кузова важко. Тому нині ведеться робота зі спрощення та удосконалення розрахунку. У зв'язку з цим особливо важливим є аналіз силових схем кузова для вибору найбільш раціональних.

В основі цього аналізу лежить розгляд навантажень доданих до кузова, та роботи його елементів при навантаженнях. Для дослідження роботи кузова проводять перераховані нижче випробування, визначаючи при цьому величини деформації та значення напруги в окремих деталях.

Статичні випробування на вигин. Несучу систему встановлюють на підставки, навантажують баластом відповідно до дійсного розподілу навантажень та вимірюють рейсмусами та індикаторами або оптичними приладами переміщення окремих точок: до укладання баласту, з баластом, що відповідає корисному навантаженню та з перевантаженням.

Статичні випробування на кручення. Несучу систему встановлюють на рухомих опорах – задній ковзній і передній що коливається. Попередньо визначають типовий для даної несучої системи найбільший кут закручування.

Для цього піднімають одне переднє та одне заднє (з іншого боку автомобіля) колеса до такого положення, при якому інші два колеса готові відірватися від землі, та вимірюють кут закручування. Опору що гойдається, повертають на певний кут.

У процесі випробування вимірюють:

- момент, необхідний для закручування системи на даний кут;
- переміщення точок системи рейсмусами, індикаторами чи оптичними приладами;
- зміни величин діагоналей (перекоси) паперові стрічками, наклеєними по діагоналях прорізів та секцій системи; якщо стрічка рветься, вимірюють ширину

розриву; якщо стрічка провисає, вимірюють довжину провисної частини стрічки;

- характер величини деформацій та напруги в окремих точках деталей електротензометрами (датчиками), наклеєними на поверхню деталей.

Динамічні лабораторні випробування на кручення. Несучу систему встановлюють, як і при статичних випробуваннях, на опорі, що коливається, і приводять у рух безперервно, протягом заданого відрізка часу і з заданою (малою) частотою. У процесі випробувань вимірюють деформації та напруги в деталях електротензометрами, а також фіксують тріщини та поломки. Випробування можуть бути проведені до руйнування несучої системи.

Вібраційні випробування. Несучу систему встановлюють на ресорах, але в одній із опор чи кузові ставлять вібратор, який викликає у системі коливання заданої (високої) частоти. Мета випробування – та сама, що і при динамічних випробуваннях на кручення.

Дорожні випробування. Деформації та напруги вимірюють за допомогою тензометричної установки на автомобілі у русі.

Статичні випробування можна проводити і без спеціального обладнання (за винятком вимірювання напруги), інші ж вимагають складної апаратури.

6.4 Робота та силова схема несучого кузова легкового автомобіля

Корпус кузова легкового автомобіля (рис. 6.1) подовжений, розташований, як правило, на чотирьох або на шести опорах (дві напівеліптичні ресори та дві пружини) і складається з двох частин – задньої замкнутої (власне корпус) та передній відкритій (область розташування силового агрегату).

Боковини корпусу перерізані прорізами дверей, передня стінка у верхній половині перерізана вітровим вікном, дах – у задній частині – заднім вікном; крім того, у більшості кузовів у задній стінці є виріз для кришки багажника.

Поздовжні силові елементи основи утворені порогами підлоги, тунелем карданного валу та лонжеронами підрамника або рами (останнє – не у всіх конструкціях), поперечні елементи

– похилою підлогою попереду, підставками переднього та заднього сидінь та заднім брусом або стиком основи із задньою стінкою.

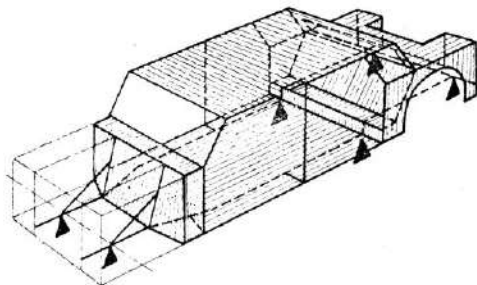


Рисунок 6.1 – Схема корпусу кузова легкового автомобіля

Поперечними зв'язками корпусу є також панелі даху, передньої та задньої стінок, а в деяких конструкціях – діагональні підкоси за спинкою заднього сидіння та перегородка за спинкою переднього сидіння.

Відкрита частина корпусу складається з підрамника та його підкосів, часто включає бічні щитки двигуна (або брызговики крил), інколи ж панель, рамку або коробку кріплення радіатора. В останньому випадку неповністю закритими залишаються тільки верх і низ утвореної коробки.

Замкнуті та відкриті частини корпусу з'єднані між собою у місцях кріплення підкосів та бічних щитків, до передньої стінки та лонжеронів підрамника – до основи кузова. В окремих конструкціях лонжерони продовжені під кузовом до заднього його кінця.

На передню відкриту частину доводиться порівняно велике (при цьому зосереджене) навантаження від силового агрегату, переднього мосту, радіатора, оперення, а на задню замкнуту частину – розподілене в основному навантаження від власної ваги корпусу, пасажирів, дверей тощо; в області багажника діє зосереджене навантаження від паливного бака, запасного колеса та багажу.

Таким чином, у конструкції корпусу є нерівномірний та зворотній жорсткості частин розподіл навантажень. Передня

частина корпусу знаходиться в не вигідних з точки зору сприйняття навантажень умовах і вимагає особливої уваги щодо її посилення та підвищення її жорсткості.

Враховуючи, що бічні згинальні сили (на поворотах) порівняно невеликі і діють відносно рідко, а також що несуча система через наявність жорстких поперечних зв'язків не тільки у вертикальних площинах, а й у горизонтальних (основа, дах) найкраще чинить опір саме вигину в горизонтальній площині, останнім можна знехтувати і досліджувати корпус насамперед стосовно роботи на вигин у вертикальній площині, скручуванні та вібраціям.

Для створення доцільної просторової несучої системи бажано рівномірний (або відповідний розподілу навантажень) розподіл жорсткості по всій системі. Тому передня частина має бути особливо посилена, а власне корпус, що утворює пасажирське приміщення, можна виконати із порівняно легких стрижнів та панелей.

Це дозволяє для покращення оглядовості та використання простору в кузові застосовувати тонкі стінки та стійки, іноді обходитися без великих заокруглень та косинок у віконних та дверних отворах.

У передній частині, навпаки, стрижні та вузли мають бути посилені. При цьому особливо відповідальним є з'єднання передньої та задньої частин біля вітрового вікна. У цьому місці повинен бути забезпечений плавний перехід від одного стрижня до іншого, що унеможливорює концентрацію напруг.

Слід зазначити, що з панорамних вітрових вікон стійки виходять вигнутими; тому переріз стійки потрібно підсилити, вигини її зробити з найбільшими можливими радіусами; для компенсації ослаблених стійок необхідно, щоб були встановлені надійні поперечні зв'язки в області щита приладів та над вітровим вікном.

Поперечні зв'язки відіграють важливу роль у роботі системи довгого трубоподібного корпусу на скручування. Тому жорсткість даху, основи, замикачі корпусу передньої та задньої стінок, основа сидінь та перегородки мають велике значення.

З тих же міркувань бажані діагональні зв'язки та підкоси, як у вертикальних, так і у горизонтальних поперечних площинах.

Концентрація напруг, яка може бути причиною руйнування деталей, виникає не тільки при з'єднанні стрижнів під кутом, без косинок та заокруглень (що доводиться робити, зокрема, для покращення оглядовості та зовнішнього вигляду автомобіля), але й на стиках елементів великої та малої жорсткості, наприклад, при переході від задньої частини боковини до дверного отвору.

Вирівнювання жорсткості може бути досягнуто застосуванням тонких панелей боковини і стрижнів посиленого профілю, що утворюють дверний отвір.

Аналогічно потрібно з'єднувати стійки вітрового вікна із боковиною передньої стінки корпусу; у цьому вузлі часто застосовують підсилювач, що входить вгору у профіль стійки, а внизу пов'язаний з боковиною; підсилювач створює необхідний перехід. При підніманні переднього колеса (наприклад, правого) зусилля спрямовані по гвинтовій лінії навколо кузова з переднього правого нижнього кута вгору, назад і ліворуч і з лівого нижнього кута – праворуч (рис. 6.2).



Рисунок 6.2 – Напрямок «потoku» зусиль у корпусі кузова при підйомі правого переднього колеса

Основні зусилля проходять через підкіс і підрамник, боковину передньої стінки, а інший бік кузова, стійку вітрового вікна, через дах – на задню стійку та задній кут даху частини боковини. По днищу зусилля йдуть у зворотному напрямку; тому що днище значно жорсткіше за інші вузли, його деформації і напруги менші.

Точки, показані на рис. 6.2 у вигляді точок, у яких змінюється напрямок зусилля в залежності від жорсткості окремих вузлів, можуть бути розташовані по-різному. Але в будь-якому випадку для того, щоб стрижні працювали на розтяг і стиснення, а не на вигин і скручування, вигідно розташовувати їх у напрямку «поток» зусиль.

Тому доцільно виконувати передню і задню стійки похилими, а поперечні зв'язки або перегородки постачати діагоналями (можливо також дах і основу), кріпити підкоси в точках застосування навантаження, надійно пов'язувати їх з передніми стійками корпусу і встановлювати горизонтальні підкоси. Ці вимоги не дотримані у багатьох конструкцій кузовів.

Спільним всім кузовів при їхньому згині є розташування точок найбільшого прогину. Точки найбільшого прогину основи розташовані біля передньої стійки корпусу, а прогину даху – у середній його частині.

При цьому, залежно від жорсткості всієї системи, верхній контур кузова або приблизно повторює переміщення основи (тобто система згинається в цілому), або згинається трохи менше, внаслідок чого боковини зближуються у верхній частині. Аналогічне відставання можна спостерігати і при крученні кузова.

Напруги, що виникають в деталях кузова при згині, в 3-4 рази менші напруг, що виникають при крученні; переміщення точок та деформації вузлів також менші.

Конструктивна будова просторової системи кузова в будь-якому випадку забезпечує достатній її опір згинальним навантаженням на відміну від плоскої системи (рами), яка при згині відчуває велику напругу.

Жорсткість власне корпусу кузова, що забезпечує на 1 м довжини кут закручування не більше 15 хв, слід вважати оптимальною. Але на загальну жорсткість системи впливають інші відрізки по довжині (особливо передня частина), в результаті чого при оптимальній і навіть великій жорсткості корпусу, можлива недостатня загальна жорсткість системи.

Для зручності аналізу приймаємо жорсткість корпусу за 100 %, наводимо всі значення кутів закручування до оптимальної жорсткості та виявляємо вплив окремих ділянок корпусу на

загальну жорсткість усієї системи.

Найбільш напруженим у переважної більшості кузовів є стрижень, що сполучає перехідну частину корпусу з дахом (стійка вітрового вікна). Стрижні, пов'язані з панелями облицювання, менш напружені, ніж стрижні, не пов'язані з нею (стійка вітрового вікна, підкоси). Стрижні верхньої частини корпусу більш навантажені ніж нижні.

Основа зазвичай виконується зі сталі, як правило, товщиною більше 1 мм (при товщині листів інших вузлів, що дорівнює 06-09 мм). У конструкції основи відповідно до компонування автомобіля і незалежно від вимог роботи несучої системи передбачають ребра жорсткості – поздовжні (тунель карданного валу, пороги) та поперечини (кістяки сидінь).

В результаті основа неповністю навантажена – метал використовується нерационально. Поширена думка про те, що головним робочим елементом у несучій системі корпусу має бути основа, не підтверджується.

Ця думка заснована головним чином на тому, що несучий корпус розглядають як механічне з'єднання колишнього несучого суцільнометалевого кузова з ослабленою рамою.

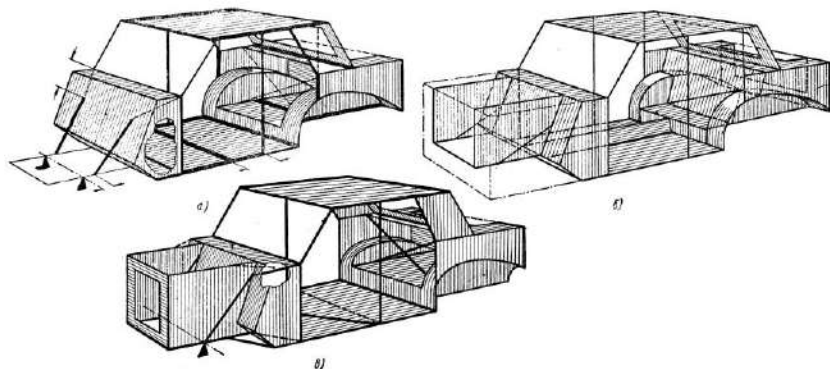
Кузов як би «підсилює» раму. Насправді кузов не тільки «підсилює» раму, а й у поєднанні з нею створює просторову систему, в якій всі елементи працюють у рівній мірі, причому такі елементи, як, наприклад, дах, можуть нести не менші навантаження, ніж основа.

У раціональній силовій схемі корпусу особливо бажано трохи посилити верхню частину корпусу та даху та одночасно послабити основу. Останнє допустимо за умови, що в панелі підлоги передбачені рифлення або виштампування для запобігання продавлюванню підлоги, а схильні до впливу вологи поверхні основи запобігають корозії. Внаслідок цього досягається економія металу і є можливість застосовувати для штампування основи менш потужні преси.

Залежно від величини вирізу для капота і кришки багажника або для дверей задньої стінки (наприклад, в кузовах типу універсал) жорсткість замикаючих корпус кузова частин може бути більшою або меншою.

Недостатня жорсткість задньої частини через виріз для

кришки багажника може бути компенсована хрестовиною за спинкою заднього сидіння, посиленням задньої частини боковин; недостатня жорсткість передньої частини – встановленням горизонтальних підкосів, надійним кріпленням підрамника до корпусу та посиленням підрамника. На рис. 6.3 показано різні силові схеми корпусу.



а – корпус з нежорсткою передньою стінкою та підкосами, б – корпус з жорсткими боковинами передньої частини, в – корпус з жорсткою передньою частиною та підкосами у вертикальній та горизонтальній площинах

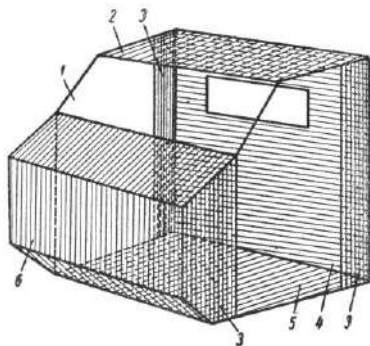
Рисунок 6.3 – Різні силові схеми несучого корпусу легкового автомобіля

З них найбільш раціональною слід вважати схему, зображену на рис. 6.3, в. Напруги в типовому сучасному тілі в середньому становлять 125 кг/см^2 для стрижнів; для всіх точок кузова, включаючи кути, близько 200 кг/см^2 .

Величина напруги в кутах прорізів значно вище величини напруги в стрижнях. Запас міцності в середньому п'ятикратний, але є точки в стрижнях, де, як показують випробування, фактичні напруги приблизно можуть дорівнювати допустимим, і в кутах, де фактичні напруги можуть перевищувати допустимі для вуглецевої сталі; відсутність частих поломок кузовів у цих точках свідчить про те, що такі напруження при нормальній експлуатації автомобілів виникають порівняно рідко.

6.5 Робота та силова схема кабіни

Кабіна вантажного автомобіля є найбільш типовим прикладом несучої конструкції. Корпуси кабін (рис. 6.4) складаються з основи, передньої стінки (внизу – суцільної, вгорі – з вирізом вітрового вікна) задньої стінки та даху.



1 – вітрове вікно, 2 – дах, 3 – бічна стінка,
4 – задня стінка, 5 – основа, 6 – передня стінка

Рисунок 6.4 – Схема корпусу кабіни

Бічні стінки практично відсутні, якщо не брати до уваги вузьких боковин задньої та передньої стінок. Щоб корпус кабіни найменше приймав зусилля від перекосів і прогинів рами, кабіну встановлюють на раму автомобіля на еластичних кріпленнях. Кабіни кріплять до рами у трьох або чотирьох точках.

При кріпленні чотирьох точках передні кріплення зазвичай розставляють широко, а задні – широко чи зближують. При трьох кріпленнях два з них ставлять попереду.

Залежно від кількості кріплень та його розташування корпусу кабін працюють по-різному. На корпус кабіни діють сили, що викликають вигин від статичного та динамічного симетричного вертикального навантаження (вага пасажирів та обладнання); кручення від розгойдування маси кабіни убік та від перекосів – рами в дорожніх умовах; вібрації – від коливань підвіски (коливання високої частоти).

На корпус кабіни діють наступні навантаження: власна вага корпусу, вага дверей, сидінь, обладнання, вага водія та пасажирів.

Найбільша вага (48-53 %) припадає приблизно на середину кабіни, але довжині ближче до задньої стінки, і розподілений поперек кабіни. Двері зазвичай навішені на передні стійки, а обладнання та щит приладів прикріплені до передньої стінки.

При згині основне навантаження посідає силові поперечні і поздовжні елементи кабіни. Майже все головне навантаження (вага водія, пасажирів та сидіння) передається на опори через середню поперечку та поздовжні жорсткі елементи (зазвичай через стінку підставки сидінь на пороги та задні стійки). Невелика частина цього навантаження припадає і на задню поперечку через поздовжні підсилювачі підставки сидіння.

Якщо задня опора одинарна, то навантаження на неї передається від поздовжніх жорстких елементів через задню поперечку, пов'язану із задньою стінкою. У цьому випадку важливий зв'язок між поздовжніми та поперечними жорсткими елементами.

Інакше у кутах виникають великі деформації, які змушують працювати інші елементи корпусу, призначені цієї роботи. Зв'язок між передніми опорами та поздовжніми жорсткими елементами також повинен бути достатньо надійним.

Поперечна жорстка система, що передає вагу людей і сидінь, повинна бути добре пов'язана з поздовжніми несучими елементами, недостатній зв'язок основи з поздовжніми елементами може призвести до великих деформацій у місцях з'єднань і навіть до зминання підлоги під сидіннями.

За наявності двох задніх опор згинальне навантаження передається на опори безпосередньо через поздовжні силові елементи без навантаження задніх кутів та поперечних елементів. При двох зближених задніх кріпленнях навантажуються задні кути та частково задня поперечка.

Кручення кабіни при трьох точках кріплення до рами відбувається за рахунок інерційних сил при розгойдуванні кабіни, оскільки розгойдуванням протидіють лише передні кріплення.

Головна сила діє на бічні поздовжні елементи основи біля стінки основи сидінь. Вузол з'єднання поздовжніх елементів основи з передніми кріпленнями та задніми поперечними елементами у цьому випадку відчуває великі відносні деформації та напруги.

На задню стінку, дах, вітрове вікно і передню стінку припадає менша частина скручувального моменту. Для отримання найменшого кута скручування кабіни в цьому випадку необхідні жорстка конструкція основи, що допускає легку конструкцію інших елементів корпусу, або жорстка конструкція всіх елементів, що забезпечує розвантаження основи.

При кріпленні кабіни у чотирьох точках, скручування походить від перекосів рами на ділянці між кріпленнями. Для кріплення використовують болти із пружинами (або гумовими блоками).

Ізолюючи кабіну від занадто великих сил при крученні, рами, пружини або блоки повинні бути досить жорсткими, щоб не допускати вільного хитання кабіни. Момент, що отримується від розгойдування кабіни і вантажу, припадає на два кріплення і не скручує всю кабіну, а лише навантажує поздовжні елементи з одного боку кабіни, збільшуючи їх згин і зменшуючи згин з іншого боку.

Навантаження від перекосу рами діють безпосередньо на передню та задню стінки, які зазвичай є досить жорсткими. Нижні (основа) та верхні (дах) поздовжні елементи та вузли їх кріплення утримують кабіну від скручування. Ці елементи і вузли мають бути досить жорсткими і повинні не допускати великих деформацій всієї системи.

Основні вібраційні навантаження кабіни – коливання із частотою 400-600 за хвилину, що передаються через кріплення до рами від підвіски. Ці навантаження змінного напрямку позначаються найбільше у місцях недостатньо жорсткого закріплення великих мас, наприклад, у вузлів кріплення кабіни, місцях кріплення сидінь, біля наважок дверей тощо.

Великі деформації в цих місцях, навіть при невеликих змінах напруги, призводять до втомної поломки або до залишкових деформацій. Такі вузли та деталі повинні бути не тільки міцними та жорсткими, але й надійно пов'язаними з жорсткими елементами несучої системи.

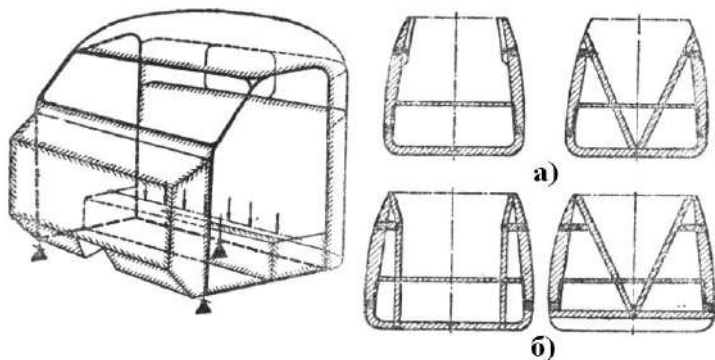
У кабінах зазвичай немає замкнутого каркаса, який міг би без панелей облицювання виконувати функції несучої системи. Елементи каркаса є жорсткими вузлами для сприйняття зосереджених навантажень в окремих місцях корпусу та

деталлями посилення облицювання по контуру дверних та віконних отворів. Слабкий зв'язок між деталями каркаса призводить до великих деформацій у таких місцях кабіни. При міцному з'єднанні облицювання з каркасом підвищується жорсткість корпусу.

Для найбільшої жорсткості і міцності корпусу необхідна замкнута силова система, бажано – зі стрижнів коробчатого перерізу (контур зі стрижнів коробчатого перерізу жорсткіший і міцніший за контур зі стрижнів відкритого перерізу при рівній їх вазі).

Залежно від розташування кріплень та їх зв'язку з жорсткими елементами каркаса кабіни за різних за місткістю (двомісні та тримісні) та розташування щодо поперечок рами кабінах вирішуються силові схеми корпусу.

При трьох точках кріплення (рис. 6.5-6.6) одне з передніх кріплень може бути жорстким, а два інших (переднє та заднє) – еластичними з незначним переміщенням, в основному для знищення перекосів у кріпленнях.



а – вузька (двомісна) кабіна;
б – широка (тримісна) кабіна

Рисунок 6.5 – Кріплення кабіни в трьох точках

При чотирьох точках кріплення кабіни до рами (рис. 6.7) кріплення повинні допускати такі деформації, які б забезпечували невеликі перекоси кабіни при перекосах рами і не допускали б її розгойдування.

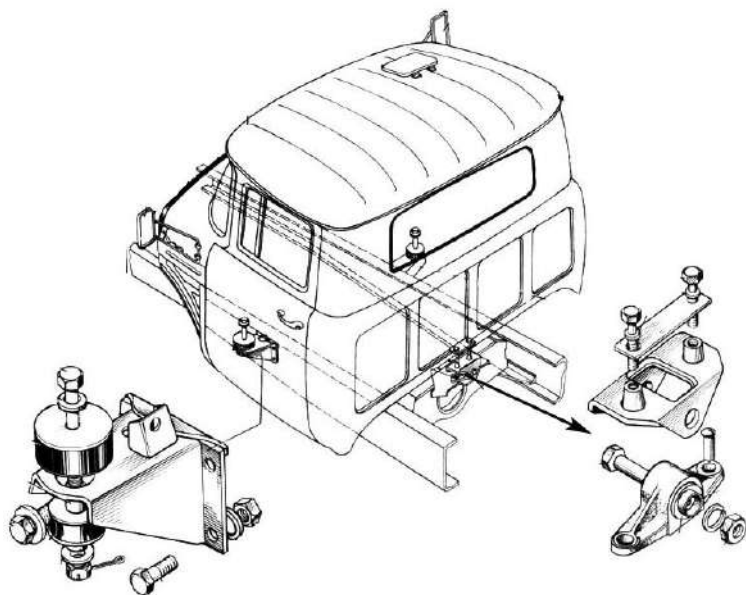
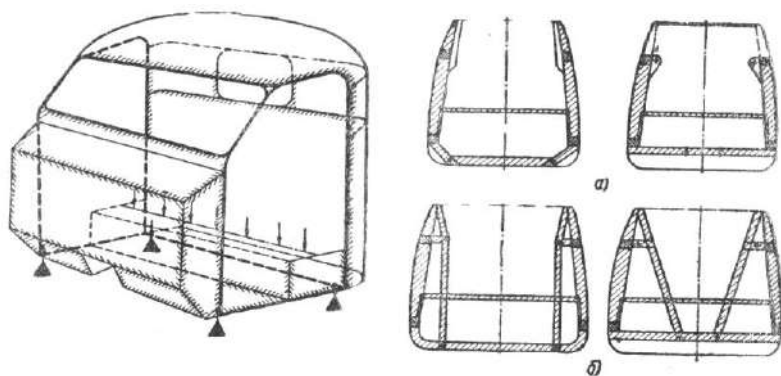


Рисунок 6.6 – Автомобіль ЗІЛ-130 як приклад кріплення до рами широкої (тримісної) кабіни в трьох точках

Слід зазначити, що є й інші точки кабіни, жорстко пов'язані з рамою, наприклад, верхнє кріплення рульової колонки, розтяжки

радіатора та ін. Для того щоб такі жорсткі зв'язки не порушували еластичності кріплення кабіни до рами та не сприяли руйнуванню деталей у місцях кріплення, ці деталі підсилюють та збільшують їхню вагу.



а – вузька (двомісна) кабіна,
б – широка (тримісна) кабіна

Рисунок 6.7 – Кріплення кабіни в чотирьох точках

Якщо вузол жорсткий і жорстко прикріплений до рами, його кріплення до кабіні має бути еластичним і допускати переміщення деталі щодо кабіни у межах можливих відхилень кабіни.

Виходячи з положення, що несуча система кабіни повинна мати замкнуту схему силових елементів, добре пов'язану з точками кріплення кабіни до рами та місцями застосування зосереджених навантажень, можна намітити раціональні схеми для кабін з трьома та чотирма точками кріплення.

Кабіну з трьома точками кріплення необхідно виконувати жорсткішою, ніж кабіну з чотирма точками. Кріплення двомісної кабіни знаходяться недалеко від стійок і можна жорстко зв'язати з каркасом кабіни. Для автомобілів з можливими великими перекосами рами кабіни краще встановлювати на трьох кріпленнях, хоча при цьому кабіна більше схильна скрученню від хитавиці. Передні кріплення кабіни до рами повинні бути жорстко пов'язані з поздовжніми елементами основи та передніми стійками, задні кріплення – із задньою поперечною

основи, яка, у свою чергу, жорстко зв'язується з поздовжніми елементами та задніми стійками. Кути задньої стінки повинні бути настільки жорсткими, щоб дах разом із корпусом працював на кручення.

Поперечка між передніми кріпленнями не є обов'язковою, оскільки вони жорстко пов'язані рамою. Кути передка та поперечний зв'язок між правою та лівою стійками під вітровим вікном слід виконувати жорсткими. Стійки вітрового вікна при крученні згинаються, а кути перекошуються; їх деформації не повинні бути більшими і не повинні допускати великих перекосів прорізів вітрового вікна та дверей. Отвори дверей потрібно обрамляти жорсткими елементами, які добре пов'язані між собою.

Необхідно, щоб задні стійки, крім нижньої поперечки, були пов'язані одна з одною на рівні підвіконня заднього вікна; при цьому бажано, щоб елемент зв'язку був з'єднаний з облицюванням. Виріз заднього вікна треба обрамляти досить жорсткими елементами, що не допускають витріщання та розриву країв вирізу. Задні та передні кути даху повинні забезпечувати її жорсткість і не допускати великих деформацій її при крученні. Передня частина даху над вітровим вікном також має бути досить жорсткою.

Деталі, що передають навантаження від ваги людей у місця опори сидінь, слід жорстко пов'язати з системою корпусу, що несе. Місця кріплення дверних петель на стійці повинні бути досить жорсткими. Підлога кабіни необхідно підсилити виштамповками або ребрами, щоб уникнути її продавлювання та зменшити вібрацію.

Схема кабіни з чотирма точками кріплення по кутах відрізняється від попередньої роботи задніх елементів каркаса і схемою кріплень. При чотирьох точках кріплення нижній задній поперечний зв'язок може бути значно слабкішим, ніж при трьох.

Нижні кути задньої стінки також мають менші навантаження. Поздовжні жорсткі елементи основи працюють на вигин також у кращих умовах (як балка на двох опорах), ніж при трьох точках кріплення (майже консольна балка). Агрегати шасі, жорстко пов'язані з рамою (наприклад рульова колонка) і одночасно пов'язані з кабіною, потрібно кріпити до кабіни за допомогою

еластичних елементів, що допускають переміщення агрегату по відношенню до кабіни.

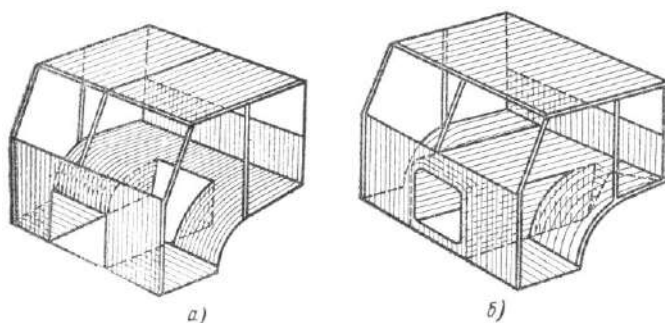
Характеристика пружин кріплення кабіни до рами повинна бути такою, щоб забезпечувалося необхідне переміщення кабіни щодо рами при перекосах без передачі на корпус кабіни великих навантажень. Передні стійки кабіни при панорамному вітровому вікні потрібно зробити такими ж, як у кузовів легкових автомобілів.

Все викладене відноситься переважно як до кабін, розташованих ззаду двигуна, так і до передніх кабін. Проте останні мають деякі особливості.

Кріплення передніх кабін у трьох точках, як правило, не застосовується у зв'язку з великою їх шириною, а також тому, що середня частина задньої стінки іноді буває перерізана відділенням для двигуна.

Передні кабіни, закріплені на рамі у чотирьох точках, зазвичай у середній частині ослаблені вирізом в основі для двигуна. Виріз закритий капотом для доступу до двигуна зсередини кабіни.

При такому компонованні потрібно значно посилити поперечні зв'язки – передню та задню стінки кабіни, а також посилити в поздовжньому напрямку основу по краях вирізу (рис. 6.8). При великій ширині кабіни рекомендується посилити її в поздовжньому напрямку у верхній частині – від щита приладів посередині даху кабіни до нижньої частини задньої стінки.



а – жорстке кріплення до рами, б – відкидна кабіна

Рисунок 6.8 – Схема передніх кабін



Рисунок 6.9 – УАЗ 3303 є прикладом жорсткого кріплення кабіни до рами



Рисунок 6.10 – Автомобілі сімейства КамАЗ є прикладом виконання відкидної кабіни

Останнім часом передні кабіни все частіше встановлюють спереду на шарнірах, а ззаду на опорах із надійним замком, що дозволяє відкидати кабіну вперед для доступу до двигуна. У цьому випадку корпус кабіни має бути особливо твердим.

Збільшенню жорсткості корпусу сприяє незнімний кожух над двигуном, що є в середній його частині. Одночасно досягається надійна тепло- та шумоізоляція двигуна від внутрішнього

приміщення кабіни.

Разом з тим передня та задня поперечки основи повинні бути посиленими та добре пов'язаними між собою. Крім того, на основі передбачаються міцні опори для пружин, що утримують кабіну в піднятому положенні.

7 ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЕКТУВАННЯ КУЗОВІВ

Корпуси більшості сучасних кузовів легкових автомобілів та кабіни вантажних автомобілів виконують із листової низьковуглецевої сталі товщиною 0,6-3 мм.

Найбільше застосування отримали сталеві листи завтовшки 0,7-1,2 мм. Частина деталей може бути виготовлена з прокатаних профілів, але деталі складної форми доводиться виготовляти не з профілів, а з листа холодним штампуванням.

Це особливо доцільно при масовому виробництві та при безкаркасній схемі кузова, коли стрижні кістяка утворюються в листах облицювання шляхом відповідного профілювання або посилення краю листа, а замкнута система корпусу виходить тільки після остаточного зварювання листів його облицювання та окремих підсилювачів; косинками у вузлах з'єднань у цих випадках служать листи облицювання. У деталях з тонкого матеріалу штампують ребра жорсткості (рис. 7.1).

Ребра на плоских або трохи опуклих деталях повинні бути розташовані по діагоналях деталі, на гнутих деталях – перпендикулярно осі їх згинання.

Ребра перетинати не рекомендується, тому що в місці перетину деталей послаблюється, але можна її трохи посилити, округливши переходи між ребрами (радіус заокруглення повинен бути принаймні вдвічі більшим ширини ребра).

Ребра, що йдуть приблизно вздовж контуру деталі, біля її кутів слід з'єднати заокругленням або роз'єднати. Перерізи ребер можуть бути різними: найбільш уживані показані на рис. 7.2.

При використанні ребер збільшується жорсткість деталі. Так, ребриста, гофрована деталь у 50-100 разів жорсткіша за плоску. При застосуванні ребра по контуру деталі замість її відгинання (рис. 7.3), крім збільшення жорсткості, є і акустичний ефект: натяг матеріалу деталі при штампуванні або прокатуванні ребра зменшує її вібрації.

Характерними прикладами посилення деталей ребрами жорсткості можуть служити щит передньої стінки, підлога, внутрішня панель передньої стінки та панель боковини.

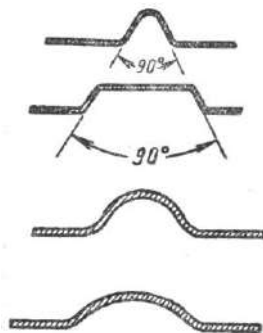
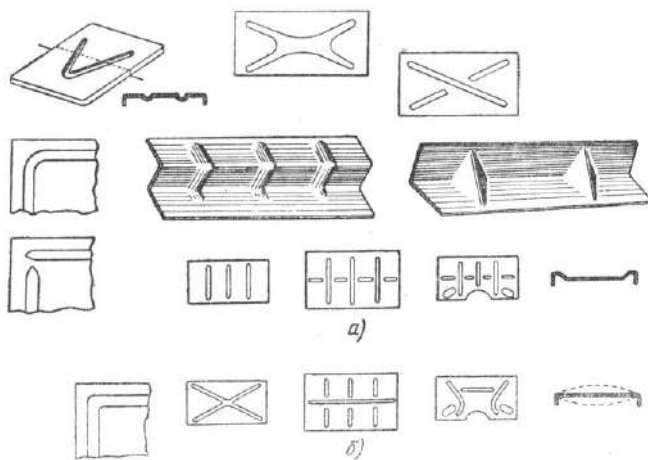


Рисунок 7.2 – Види ребер

Рисунок 7.1 – Приклад виконання окремих елементів штампованої панелі



а – правильно, б – неправильно

Рисунок 7.3 – Розташування підсилювальних ребер

Простір, утворений зовнішньою та внутрішньою панелями дверей, має бути доступним для монтажу її апаратури. Для цього на внутрішній панелі залишають отвори, які зменшують вагу

деталі: для збереження жорсткості деталі, крім діагональних ребер, краї отворів відгинають (відбортовують).

Це необхідно і для запобігання порізам рук робітників, зайнятих монтажем дверної арматури. Відгинання є найпростішим способом посилення краю листа, причому кращі результати досягаються при подвійному відгинанні краю.

Навіть при невеликому відгинанні збільшується жорсткість сталевोї смуги в 5-15 разів (у разі подвійної отбортовки жорсткість збільшується вдвічі). Застосування закритого профілю особливо вигідне при встановленні його більшою стороною у напрямку дії сили.

За жорсткістю на вигин закритий і П-подібний профілі з однаковою площею перерізу рівні, але закритий профіль помітно підвищує опірність скручуванню. При відгинанні криволінійного краю деталі можливі складки (так званий гофр), щоб уникнути якого, на кутах і заокругленнях роблять вирізи у відгинання.

Деталі, що мають у перерізі коритний профіль, рекомендується виконувати з розгинанням, що спрощує процес штампування деталі. Для посилення відгинок їх забезпечують штампованими видавками (рис. 7.5), яким у замкових стійках кузова іноді надають форму гнізд для замку та направляючих шипів дверей. Форма деталі, що підлягає витяжці, має бути якомога плавнішою, а глибина витяжки мінімальною.

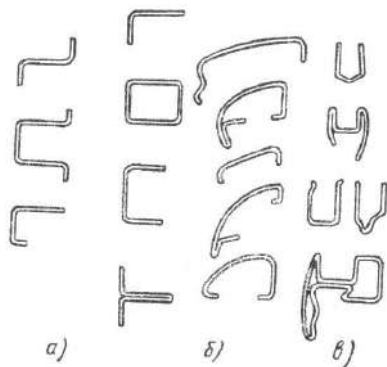
Витяжка повинна виконуватись в одному напрямку від базової поверхні деталі. Радіус витяжки для однієї операції штампування повинен бути у 6-10 разів більший за товщину матеріалу. При витяжці малого радіусу відбувається неправильне переміщення матеріалу при штампуванні, утворюються складки і навіть розриви листа. Усі кути деталі, кути її отворів (з відгинанням і без неї) бажано округлити.

У деталях, при складанні яких можлива розбіжність отворів, один з отворів або свердять за місцем, або виконують довгастим. Для точності розташування отворів рекомендується координувати їх на кресленні від краю деталі, а не від ребра гнуття.

У тонкому листі важко здійснити Zenковку для кріпильних деталей із потайними головками. В цьому випадку отвори постачаються виштамповками під форму головки деталі.

У місцях, де краї деталі сходяться під кутом, необхідно передбачати круглі вирізи, що запобігають тріщинам. Такі ж вирізи потрібні при відгинанні «лапок».

Профілі, що виготовляються на роликових верстатах, застосовують для декоративних накладок, розкладок вікон, оббивних рейок. Іноді такі профілі використовують для деталей корпусу. На рис. 7.4 показані типові перерізи профілів.



а – для каркасів; б – для віконних розкладок, в – для віконних рамок

Рисунок 7.4 – Металеві профілі

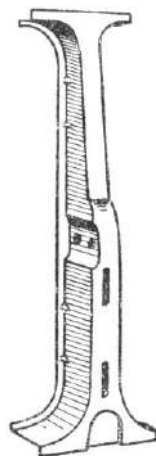


Рисунок 7.5 – Замкова стійка корпусу з видавками

7.1 Кузова із застосуванням неметалічних матеріалів (облицювання з пластмаси)

Автомобільна промисловість однією з перших галузей машинобудування почала застосовувати пластмаси. Широке застосування пластмас у конструкції автомобіля пояснюється в першу чергу їхньою здатністю задовольняти різноманітним вимогам, що пред'являються до автомобільних деталей. Проте донедавна пластмаси застосовувалися головним чином для декоративних деталей кузова, в агрегатах електрообладнання, та їхня «питома вага» у конструкції кузова була незначною.

В даний час у зв'язку з розширенням виробництва пластмас з'явилася можливість широкого застосування їх у всіх вузлах

конструкції автомобіля і, зокрема, в конструкції корпусу, дверей і оперення кузова, тобто заміна пластмасою дефіцитного сталевго листа, вага якого становить до 50 % ваги кузова та до 25 % ваги всього автомобіля.

Кузова з облицюванням із пластмаси (звані надалі для стислості пластмасовими) пройшли стадію експериментування; у ряді країн автомобілі із пластмасовими кузовами випускаються серійно.

Пластмасові кузова мають такі переваги в порівнянні зі сталевими:

1. Об'ємна вага пластмас у 4-5 разів менша за вагу сталі, тому, незважаючи на більшу (у 2-3 рази), ніж у сталі, товщину пластмасових панелей (через нижчі механічні властивості пластмаси) і збереження в конструкції кузова багатьох деталей з металу, скла та ін., вага пластмасового кузова може бути на 15-30 % меншою від сталевго.

2. Пластмаса має високу втомну міцність і стійкість проти корозії та гниття.

3. Пластмаса є діелектриком.

4. Коефіцієнт теплопровідності у пластмаси значно нижчий, ніж у сталі; для пластмасового кузова не потрібна складна теплоізоляція.

5. Акустична характеристика у пластмасового кузова краща, ніж у сталевго, внаслідок низької звукопровідності пластмаси, менших вібрацій панелей та відсутності нещільностей у з'єднаннях деталей (при клейових швах).

6. Пошкодження пластмасових панелей при ударах зазвичай мають місцевий характер і усунення їх не викликає труднощів. За незначних ударів, внаслідок еластичності пластмаси, зберігається форма деталі.

7. При серійному (не масовому) випуску пластмасових кузовів не потрібні великі витрати на обладнання. Вартість кузовів знижується також у зв'язку з тим, що не потрібно захищати кузов від корозії та виключається ґрунтовка під фарбування. Крім того, фарбування може бути усунене введенням барвника до складу пластмаси, проте цей процес ще недостатньо освоєний.

8. Кузову із пластмаси може бути надана будь-яка форма, як

аналогічна формі сталевому кузову, так і складніша, виконання якої зі сталі, було б вкрай дорогим або взагалі неможливим.

Однак пластмасові кузови в порівнянні зі сталевими мають такі недоліки:

- висока вартість матеріалів (наприклад, вартість склопластику, що витрачається на кузов, в 3-4 рази вище вартості м'якої сталі і в 2-2,5 рази вище вартості алюмінієвого сплаву);
- тривалість процесу формування деталей із пластмаси (від 8 хв до 12 год замість 10-12 с для сталі);
- недостатня стійкість пластмаси проти стирання, високих (більше 100-150°) та низьких (нижче – 50°) температур та дії кислот;
- неміцне з'єднання деяких пластмас з металевими підсилювачами, що входять у багатьох конструкціях у структуру деталей.

Перераховані недоліки в майбутньому, ймовірно, будуть усунені або значно зменшені. В даний час, зіставляючи переваги та недоліки пластмасових кузовів, можна встановити, що їх впровадження замість сталевих доцільне (оскільки забезпечується поліпшення експлуатаційних показників автомобіля), особливо:

а) якщо застосування дорогого пресово-штампувального та зварювального обладнання нерентабельне у зв'язку з обмеженою програмою випуску кузова даної моделі;

б) при обмежених можливостях (або термінах) виготовлення обладнання для виробництва сталевих кузовів;

в) у разі відсутності робітників високої кваліфікації (бляхарів, рихтувальників) для виготовлення сталевих кузовів малосерійного виробництва;

г) коли важлива економія сталевих листів

З урахуванням цих міркувань пластмасові кузови застосовують для автомобілів, що випускаються у кількості трохи більше 30 тис. на рік (спортивні автомобілі, мотоколяски, деякі модифікації легкових автомобілів, автобуси, фургони).

При такому випуску можна, маючи звичайні для автозаводів виробничі площі, організувати виготовлення пластмасових

кузовів без великих витрат на обладнання та використовувати робітників низької кваліфікації, що компенсує високу (нині) вартість сировини та підвищену трудомісткість виготовлення пластмасових кузовів. Виготовлення сталевих кузовів з широким застосуванням ручної праці в цих умовах виявляється менш вигідним, ніж виготовлення пластмасових.

Пластмасові деталі, як правило, не беруть участь у роботі несучої системи кузова. Але це не означає, що пластмасове облицювання не може бути використане на несучих кузовах. І тут кузов розраховують на роботу каркаса без облицювання.

Конструкції пластмасових кузовів можуть бути класифіковані переважно за такими ознаками:

- наявності або відсутності каркаса;
- через облицювання (у вигляді цілої оболонки або окремих панелей);
- складу матеріалу, числу шарів облицювання;
- наявності чи відсутності арматури у конструкції окремих панелей (деталей) чи оболонки.

Відповідно до цієї класифікації до кузовів можна застосовувати терміни «каркасний» та «безкаркасний», а також терміни «панельний» та «оболонковий». Одношаровими названі панелі або оболонка кузова, якщо вони складаються з одного виду пластмаси, у тому числі й шаруватої (наприклад, склопластику). Багатошаровими названі панелі або оболонка кузова, якщо вони складаються з двох і більше видів пластмаси (наприклад, зовнішні шари із шаруватого склопластику та середній шар із пінопласту).

Якщо панель або оболонка (одно- або багатошарова) має в місцях кріплення або з'єднання з іншими деталями арматуру (найчастіше металеву), то до визначення додають слова «з арматурою», а за відсутності її – «без арматури». Поєднання перелічених ознак дає 16 можливих типів конструкції, з яких багато хто вже отримав застосування.

Каркасно-панельні кузови з одношаровими панелями без арматури набули найбільшого поширення за кордоном при великосерійному виробництві. Прикладом може бути кузов автомобіля Трабант (колишня НДР), має металевий каркас. Панелі кузова формують окремо та закріплюють на його каркасі

гвинтами (в інших конструкціях приклеюють), а шви між ними перекривають штабиками.

Внаслідок наявності каркаса та поділу кузова на вузли (підлога, боковини, передня та задня стінки, дах) допускається потокове складання кузова на конвеєрі, порівняно невеликі розміри панелей дають можливість механізувати їх виготовлення та складання. Гаряче затвердіння пластмаси (підігрів під час формування) прискорює процес виготовлення деталей.

Каркасно-оболонковий кузов з одношаровими панелями без арматури застосовують при штучному та дрібносерійному виробництві. Безкаркасно-оболонкові кузови з одношаровими панелями без арматури застосовують для кузовів невеликих габаритів. Багатошарові панелі застосовують для автобусів та фургонів. Конструкції без армування окремих панелей застосовують у випадках, коли організують нове виробництво пластмасових кузовів, а не з урахуванням виробництва сталевих кузовів що раніше тут існувало.

В цих умовах можливі процеси складання, що відрізняються від звичайних для кузовного виробництва (наприклад, склейка). Якщо ж виробництво пластмасових кузовів організують на базі виробництва сталевих кузовів, або замінюють частину сталевих панелей кузова на пластмасові, то доцільно застосовувати конструкції з арматурою, введеною в пластмасові деталі.

Арматура у вигляді простих профілів із листової сталі заформовується в панелі у місцях їх з'єднання з каркасом кузова та іншими панелями. Така конструкція одночасно з використанням переваг пластмаси і з посиленням панелей, дозволяє при складанні пластмасових кузовів замість сталевих зберегти послідовність технологічного процесу, пристосування та обладнання. Кромки арматури, що виступають з пластмасових деталей, з'єднують між собою (або з каркасом) точковим або іншим зварюванням, заклепками, гвинтами.

Наявний досвід випробувань та експлуатації автомобілів із пластмасовими кузовами показує їх хороші експлуатаційні властивості. Однак виявлено і типові недоліки – на окремих оболонкових кузовах з'являються тріщини в швах, що свідчить про необхідність ретельнішої конструктивної розробки цих місць кузова та якісного їх виконання. У місцях кріплення кузовів до

рам і взагалі на ділянках концентрації напруг іноді спостерігаються деформації та поломки пластмасових деталей.

Тому такі деталі бажано товщати, додатково армувати чи встановлювати на них підсилювачі. Забарвлення пластмасових кузовів звичайними способами не завжди виходить хорошим.

Спостерігається відшарування фарби від пластмаси, виявляються лінії склейки панелей, утворюються дрібні тріщини фарби у місцях встановлення заклепок. Іноді на поверхні фарби утворюється фактура тканини, що входить до складу пластмаси. Очевидно, що для пластмасових кузовів потрібні дуже еластичні покриття.

Деякі великі деталі кузова виготовляють із пластмас методами лиття під тиском. До таких деталей відносяться щити приладів та розкладки вікон. Ці деталі, як правило, не несуть великого навантаження, крім панелей щитів приладів в несучих кузовах в останньому випадку стрижень, що з'єднує передні стійки кузова, може бути зроблений у вигляді найпростішого профілю і встановлений під пластмасовим щитом приладів.

Для виготовлення подібних деталей із пластмас потрібні лише 1-2 операції, а для сталевих деталей – кілька операцій. Пластмасовим деталям відразу надається будь-яка форма з урахуванням поглиблень, виступів та отворів, необхідних для кріплення цих деталей та приладів до них. Зовнішнє оздоблення деталей не потрібне.

При конструюванні деталей із пластмас не можна механічно повторювати форми та конструкції, притаманні сталевим деталям. Так, виконання розкладки вікна дверей із пластмаси у вигляді плоского фартуха призводить до відколювання кутів розкладки при зачиненні дверей. На фартуху необхідні підсилювальні ребра. Пластмаси, як і всякий матеріал, мають специфічні властивості, які потрібно враховувати конструкторам кузова. Поширене уявлення про те, що будь-яку металеву деталь, можна замінити такою ж пластмасовою формою - неправильне.

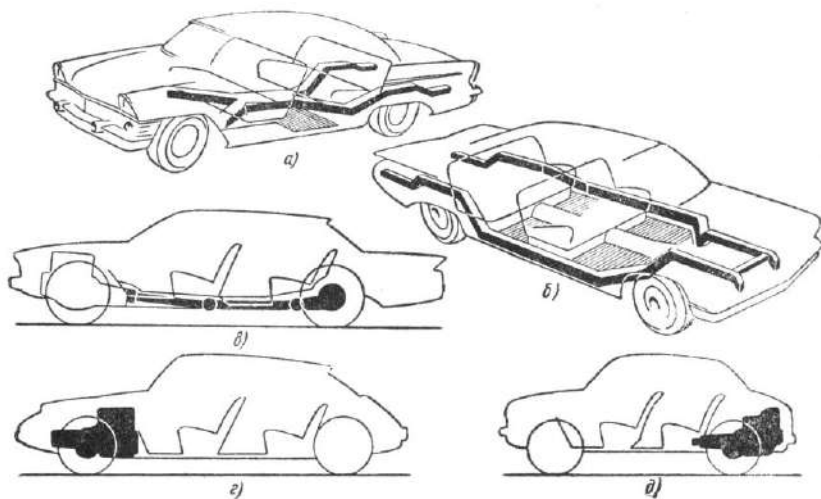
7.2 Розробка поверхні підлоги та колісних кожухів

Висота підлоги кузова автомобіля від поверхні дороги має бути найменшою за дотримання необхідного дорожнього просвіту. Це потрібно для забезпечення зручного входу та виходу

пасажирів, зниження центру тяжкості автомобіля та зменшення загальної його висоти.

Крім того, підлога повинна бути рівною та горизонтальною; однак чим нижче розташована підлога в кузові, тим важче зробити його рівним, так як під кузовом зазвичай знаходяться трансмісійний вал, коробка передач, задній міст, різні тяги, а іноді поздовжні бруси та поперечки рами.

У деяких автомобілях для зниження рівня підлоги кузова зменшують висоту лонжеронів рами; лонжеронам над заднім мостом надають вигнуту форму, розміщують їх Х-образно (автомобіль ГАЗ-13 «Чайка»); карданний вал зміщують вниз від осі головної передачі, двигун максимально переміщують вперед, а також розташовують ззаду (в останньому випадку відсутній карданний вал під підлогою). У багатьох автомобілів всі механізми кріпляться до брусів корпусу або остова кузова, тому що рама відсутня (рис. 7.6).



- а - Х-подібна рама; б - контурна рама;
в – гіпоїдна передача та розділений на дві частини
карданний вал; г – привод на передні колеса;
д – заднє розташування двигуна

Рисунок 7.6 – Способи зниження рівня підлоги кузова

7.3 Планування кузова автобуса

Планування сучасного автобуса має бути таким, щоб забезпечувалися зручні вхід, вихід, пересування всередині кузова та посадка пасажирів на сидіннях. У міських автобусах пасажирам необхідно забезпечити найбільші зручності для входу до кузова, пересування всередині нього та виходу.

У міжміських автобусах будь-якої місткості необхідно створити найбільші зручності для посадки пасажирів на сидіннях, оскільки у цих автобусах пасажирів змушені залишатися сидіннях тривалий час і часто вночі.

Тому в міжміських автобусах сидіння повинні бути розташовані так, щоб пасажирів були звернені собою вперед, у напрямку руху автобуса, тоді як у міських автобусах допускається розташовувати частину сидінь (наприклад, над колісними кожухами) вздовж стінок кузова, а в окремих випадках проти напрямку руху.

У міжміських автобусах останнє застосовується тільки при плануванні всього автобуса з поділом його на купе. Нарешті іноді встановлюють сидіння під деяким кутом до напрямку руху.

У міських автобусах збільшення їх місткості в години пік нерідко розташовують двомісні сидіння лише з одного боку проходу, з другого одномісні. При установці двомісних сидінь по обидва боки рекомендується зміщувати їх по довжині не менше ніж на $1/4$ кроку (подовжня відстань між однаковими точками сидінь).

Біля вхідних та вихідних дверей, а також біля місця кондуктора передбачають так звані «накопичувальні» майданчики за рахунок усунення сидінь. Заслугує на розгляд також планування міського автобуса з розташуванням сидінь «обличчям» до стін (вікон), крім заднього ряду.

За такого планування полегшується переміщення пасажирів по проходу. Сидіння міжміських автобусів повинні мати спинки з підголовниками та пристроєм для зміни нахилу, а також підлокітники.

Збільшення висоти сидіння в автобусах у межах, у яких це необхідно для зручності посадки, заняття місця чи вставання, не відбивається на збільшенні висоти всього автобуса. Висоту

автобуса визначає не висота сидінь, а висота підлоги від поверхні дороги та висота від підлоги до стелі у проході. Збільшенням висоти сидіння можна скоротити крок сидінь і цим краще використовувати площу автобуса. У новітніх конструкціях автобусів спостерігається тенденція до збільшення висоти подушки від підлоги, з відповідною зміною кутів нахилу подушки та інших розмірів.

На підлозі перед сидінням повинен бути залишений достатній простір для ступні в тих випадках, коли перед сидінням перегородка або заглиблена в підлозі підніжка. Довжина цього простору становить 300 мм, причому частина майданчика підлоги для ніг може бути під сидінням. Необхідними розмірами, що визначають зручність розміщення пасажирів, що стоять, і їх пересування всередині автобуса, є ширина проходу на рівні подушок сидінь і відстань від підлоги до стелі в проході.

Допускається зменшувати висоту та ширину у проході міжміських автобусів малої місткості, оскільки пересування пасажирів по проході відбувається лише під час виходу чи входу.

Розміри дверних отворів та підніжок повинні забезпечувати зручні вхід пасажирів (з тротуару та з рівня дороги) та вихід протягом найкоротшого часу. При цьому висота першої сходинки підніжки від поверхні дороги не повинна бути більшою за 400 мм, ширина дверного отвору у світлі – не менше 700 мм, а висота отвору – близько 1850 мм.

Зменшення висоти дверного отвору в порівнянні з висотою в проході може бути допущено у зв'язку з тим, що пасажир знаходиться в площині дверей тільки в момент проходу, не випрямляючись при цьому на весь зріст.

Для зручності входу глибина підніжки має бути не менше 400 мм. Якщо висота підлоги від підніжки перевищує 300 мм, потрібно передбачити проміжну сходинку (але не більше трьох сходинок).

Міські автобуси повинні мати не менше двох дверей: одну ззаду для входу та іншу спереду для виходу; у великих автобусах застосовують здвоєні двері збільшеної ширини (близько 1200 мм). У міжміських, а також у службових, спеціальних та малих міських (до 25 місць для сидіння) автобусах достатньо однієї двері для входу та виходу в передній частині кузова.

Крім того, в задній стінці або в лівій боковині зазвичай роблять аварійні або санітарні двері. При відділенні кабіни водія від пасажирського приміщення, обов'язковому для середніх та великих міських автобусів, повинні бути двері для водія у лівій боковині або у перегородці кабіни.

7.4 Планування кузова вантажного автомобіля

Компонування кузова вантажного автомобіля складається з компонування кабіни водія та компонування кузова для вантажу. У сучасних вантажних автомобілях кабіни нерідко встановлені поблизу передньої осі та іноді частково або повністю розташовані над двигуном (так звані передні кабіни).

У передній кабіні підлога піднята, і капот є лише виступом у середній частині підлоги. Таким чином, скорочується довжина шасі, займана кабіною та силовим агрегатом, і покращується оглядовість. Двигун доступний зверху, а його демонтаж здійснюється витягуванням або викочуванням вперед.

У новітніх конструкціях доступ до двигуна для обслуговування та демонтажу забезпечується шарнірною установкою кабіни та її відкиданням на пружинах.

При тих самих габаритах кузова база вантажного автомобіля з передньою кабіною скорочується приблизно на 1 м порівняно з базою автомобіля, що має кабіну ззаду двигуна. Застосування передньої кабіни дозволяє наблизити габарити автомобіля вантажопідйомністю 3,5 т до габаритів автомобіля з кабіною позаду двигуна вантажопідйомністю 1,5-2 т.

При цьому збільшення корисного об'єму кузова становить приблизно 12-15 %, зменшення довжини автомобіля 8-10 % та радіуса поворота 6-16 %, що значно підвищує маневреність автомобіля. Положення кабіни визначає положення передньої кромки кузова вантажного автомобіля.

7.4.1 Кабіна водія

За кількістю місць кабіни діляться на одномісні, двомісні, тримісні та зі спальним місцем. Ширина кабіни не повинна бути більшою за ширину платформи. Внутрішню ширину кабіни вимірюють з відливом 100 мм від спинки на висоті підвіконня.

Пасажирське сидіння може бути нерегульованим. У кабінах

зі спальним місцем пасажирське сидіння або його спинку потрібно робити відкидними для доступу до спального місця.

Зовнішня підніжка повинна мати довжину щонайменше 250 мм. У деяких конструкціях кабін застосовують підніжки як ніші; розміри таких підніжок: ширина 150 мм, глибина 100 мм та висота 80 мм. Двері в кабінах навішують як спереду, так і ззаду.

Останній вид навішування, необхідний для полегшення входу і виходу (особливо при передній кабіні), допустимий у зв'язку з порівняно малими швидкостями руху і великою вагою вантажних автомобілів (аеродинамічний момент, що створюється дверима, які відкриваються, не може порушити стійкості автомобіля).

7.5 Бортові платформи

Розміри бортової платформи вантажного автомобіля, що проектується, визначають на підставі декількох вихідних факторів. Головний з них – розрахунковий обсяг кузова, що забезпечує можливо повніше використання вантажопідйомності автомобіля при перевезеннях навалочних та штучних вантажів.

На основі практики експлуатації автомобілів прийнято вважати, що для збереження перевезення необхідно, щоб висота навантаження навалочних вантажів у кузові була на 50 мм менша за висоту борту, а штучних вантажів – на 100 мм більше (якщо не передбачені спеціальні їх ув'язки або огороження).

Так як різні промислові продукти рекомендується перевозити в закритих або спеціальних кузовах, платформи треба розраховувати в першу чергу на перевезення сільськогосподарських, деяких будівельних вантажів, тощо, об'ємна вага яких коливається в межах $0,15\text{--}1,7\text{ т/м}^3$ найбільш масових та поширених навалочних вантажів з об'ємною вагою в середньому $0,6\text{ т/м}^3$, штучних вантажів з об'ємною вагою $0,45\text{ т/м}^3$.

Другий фактор при виборі розмірів платформи – конструктивні та законодавчі обмеження довжини та ширини автомобіля, а також висоти борту. Хоча законодавчими обмеженнями і допускається значна довжина автомобіля, проте її завжди прагнуть скоротити задля зниження ваги автомобіля і підвищення його маневреності.

Допустима ширина автомобіля 2500 мм, а внутрішня ширина платформи (з урахуванням конструкції бічних бортів та закраїни основи платформи) менша. Висота борту обмежується головним чином його вагою, зокрема, з міркувань зручності користування бортом під час навантаження та розвантаження.

Третій важливий фактор – заданий розподіл ваги по колесах автомобіля. Воно може бути дотримано, якщо центр ваги кузова знаходиться на певній відстані (зазвичай, вперед) від задньої осі автомобіля. Тому, якщо платформу проєктують для існуючого або раніше спроектованого шасі, її довжину визначають подвоєнням відстані від центру ваги платформи (вважається, що він розташований посередині платформи) до задньої стінки кабіни (з урахуванням товщини переднього борту та зазору між кабіною та платформою). При цьому може виявитися, що довжина платформи є недостатньою для отримання бажаного корисного об'єму або, навпаки, занадто велика і обмежує кут з'їзду.

Створити бортову платформу необхідного об'єму вдається дуже рідко, особливо при кабіні, розташованій позаду двигуна, і на автомобілях вантажопідйомністю понад 2 т. Висоту бортів збільшують за допомогою надставок, для кріплення яких на бортах роблять спеціальні гнізда. При великій довжині платформи (понад 4,5 м) бічні борти рекомендується робити складовими (з двох частин) із проміжною стійкою між ними, щоб полегшити виконання вантажно-розвантажувальних робіт.

Передній і задній борти часто роблять іншої висоти, ніж бічні. Висоту переднього борту збільшують, щоб захистити задню стінку кабіни від пошкоджень вантажем у разі зміщення при різкому гальмуванні або в процесі навантаження. Однак передній борт повинен бути не вищим за кабіну. Задній борт знижують (не більше ніж на 100 мм) для полегшення входу до кузова людей, якщо в конструкції платформи передбачені для них відкидні лавки.

Деякі вантажі вимагають настільки високих бортів із надставками, що висота автомобіля виходить за межі допустимої. В цих умовах доводиться миритися з неповним використанням вантажопідйомності автомобіля, роблячи висоту бортів з урахуванням існуючих габаритних обмежень (гранична висота

автомобіля 4 м).

Висота платформи для вантажу від рівня дороги (навантажувальна висота) зазвичай залежить від діаметра коліс та від зазору, необхідного для їх коливань, і становить 1100-1400 мм. Така висота приблизно відповідає висоті залізничних платформ і зручна для вантажно-розвантажувальних робіт.

Іноді бажано, щоб підлога кузова була розташована нижче, ніж у звичайних вантажних автомобілях, наприклад, для перевезення дуже важких вантажів, худоби та ін. При цьому необхідно робити колісні кожухи виступаючими в кузов, унаслідок чого ускладнюється конструкція основи та підлоги кузова та зменшується його корисна площа.

7.6 Фургони та самоскиди

Специфіка компонування вантажних автомобілів з кузовами-фургонами полягає в наступному.

1) Номінальна вантажопідйомність автомобілів даної моделі з кузовами-фургонами, як правило, приймається меншою, ніж для автомобілів з платформами, у зв'язку з порівняно великою вагою кузова.

2) Рівень підлоги фургона прагнуть розташувати якомога нижче, тому що завантаження кузова зверху (краном або насипом) практично виключене. Тому часто випускають фургони з колісними кожухами, що виступають у кузов, причому останні для найкращого використання площі кузова виконують не циліндричними, а гранованими (з плоскою верхньою частиною).

3) Для завантаження фургонів передбачають двері у задній та правій стінках, іноді також і у лівій. Стулки дверей виконують такими що повертаються на 180°, розсувними або у вигляді штор, так як в іншому випадку стулки перешкоджатимуть зручному навантаженню та розвантаженню і можуть бути пошкоджені вантажем.

Розміри дверних прорізів бажано робити найбільшими; Зокрема, проріз дверей у задній стінці рекомендується робити на всю ширину кузова. Біля дверей, особливо при високому їх розміщенні, необхідно робити постійні або відкидні підніжки та поручні.

4) Для збільшення обсягу фургона використовують простір

не лише позаду кабіни водія, а й нерідко над нею та у правій її частині. Якщо в першому випадку фургон роблять без великих закруглень по кутах і на схилах даху, то в останніх доводиться узгоджувати форму фургона з відносно округлою формою кабіни, що негативно позначається на об'ємі кузова.

Тому фургони, розташовані за кабіною і відокремлені від неї, більш доцільні: вони прості за формою та конструкцією, забезпечують використання стандартної вантажної кабіни і, зрештою, мало поступаються за обсягом фургонам, що частково охоплюють кабіну.

Розміри вантажних майданчиків (призначених для завантаження) стандартизовані. Внутрішні обсяги фургонів розраховують на перевезення порівняно легких вантажів (об'ємна вага 0,1-0,4 т/м³) і не дуже щільне укладання вантажу.

7.7 Облік вимог при проектуванні автомобіля

Облік різних вимог при компонуванні та проектуванні автомобіля розглянемо на прикладі конструкції автобуса «Leyland National».

На конструкції кузовів неоднозначно відображаються вимоги, пов'язані з компонуванням агрегатів та розміщенням пасажирів. На конструкцію кузовів накладають обмеження, як область застосування автомобілів, так і технологія, що використовується для їх виробництва.

Найімовірнішим видом автомобіля для аналізу зовнішніх обмежень, що накладаються на конструкцію, є автобус.

Нижче наведено аналіз факторів, що зумовили дослідження конструкції автобуса «Лейланд Нэшнл» (Leyland National). Автомобіль проектувався як одноповерховий міський автобус вагонного компонування у двох основних варіантах, наведених на рис. 7.7, що відрізняються довжиною.

Автобус проектувався як з лівостороннім керуванням, так і з правостороннім, з одним або двома дверними отворами.

Міркування, що впливають на проектування конструкції, можна звести до обліку міжнародних ринків, вимог пасажирів та водія, експлуатаційних вимог, технологічних та конструктивних вимог, обумовлених агрегатами та вузлами автомобіля.

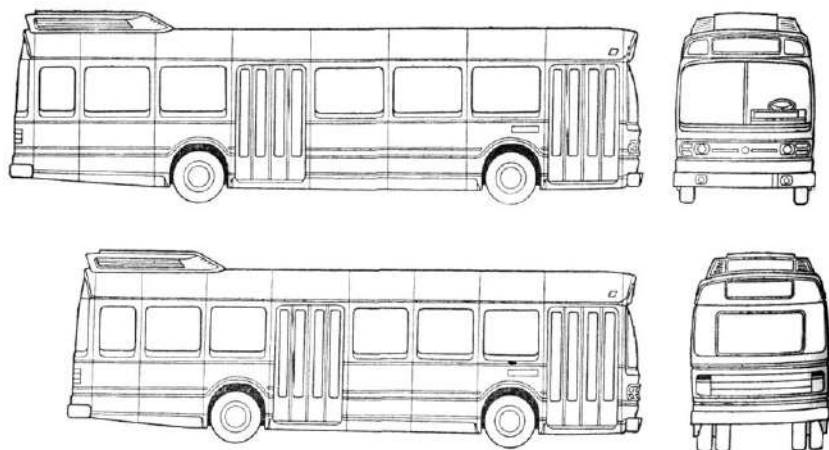


Рисунок 7.7 – Модульна компоновка автобуса «Leyland National»

7.7.1 Міжнародні ринки

Якщо автомобіль призначений для широкого зовнішнього ринку, слід зважати на велику різноманітність норм і правил проектування конструкцій, що діють у різних країнах. Головна відмінність цих документів полягає у нормах безпеки.

Автобус «Leyland National» повинен мати опір бічному удару, перевертання та екстенсивному руйнуванню при лобовому ударі.

Кузов і рама основи кузова повинні були бути сконструйовані зі сталевих листів змінної товщини, межа плинності застосованої сталі дорівнює 225 МПа.

Для деталей підвіски планувалося використовувати штамповані сталеві поперечні елементи; застосуванням штампованих сталевих елементів передбачалося також обв'язування колісних ніш. Вважалося, що бічний каркас повинен включати профільовані лонжерони, штамповані сталеві дверні рами, а також конструкції, що примикають до надколесних дуг, посилені сталевими панелями жорсткості.

Вентиляційно-опалювальна система призначалася для підтримки у певних межах вологості та температури. Ця система мала мати власний повітророзподільний пристрій, вбудований у конструкцію автобуса без використання простору інтер'єру.

Водночас маса та вартість автобуса мали бути порівняними з даними традиційних автомобілів. Крім того, автобус необхідно було побудувати в короткий термін для того, щоб уникнути заморожування капіталу, зазвичай пов'язаного із затяжним періодом будівництва традиційних автобусів. Модульна конструкція дозволяє будувати автобуси у трьох різних за довжиною варіантах для задоволення вимог різних країн.

Загальними конструктивними областями є:

- передня частина, що включає кабінку водія та передній міст;
- середня частина, що включає центральні двері, задній міст та силовий агрегат;
- задня частина з обладнанням вентиляційно-опалювальної системи.

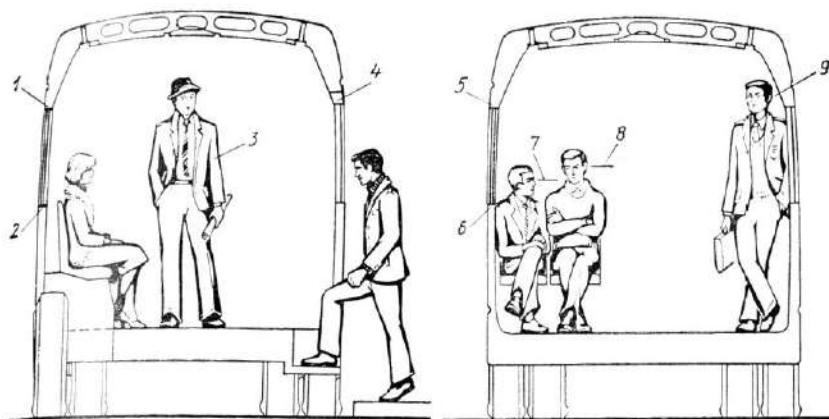
З цими модулями стикуються модулі або відсіки кузова двох типів, які в разі потреби встановлюють між типовими конструкціями шпангоутів бічної стінки і арковим стрижневим каркасом даху, як показано на рис. 7.7.

7.7.2 Сучасні вимоги пасажирів та водія

Необхідні високі експлуатаційні якості, безпека та комфорт, тобто зручні сидіння, плавна, без коливань їзда, хороша оглядовість, як показано на рис. 7.8, низький рівень шуму, гарне освітлення, широкі безпечні дверні прорізи, рівні безпечні

підлоги. Всі ці критерії, важливі для пасажирів, повинні бути дотримані в конструкції автобуса.

При проектуванні кабіни, робочому місцю водія має бути приділена особлива увага. Це з необхідністю пристосування робочого місця до великого діапазону розмірів водіїв. Зусилля, що витрачаються водієм, мають бути мінімальними у разі ретельно продуманого розміщення органів управління. Все це має бути закладено в конструкції, що забезпечує водію високий рівень безпеки при ударі без обмеження оглядовості.



- 1, 2 – відповідно верхній та нижній контури вікна;
- 3 – чоловік (зріст 185 см); 4 – висота дверного отвору;
- 5, 6 – відповідно верхня та нижня лінії видимості;
- 7 – висота очей людини 1-го перцентилю;
- 8 – висота очей людини 99-перцентиля;
- 9- висота очей чоловіка зростом 190 см 99-го перцентиля

Рисунок 7.8 – Оглядовість для пасажирів автобуса «Leyland National»

7.7.3 Експлуатаційні вимоги

Автобус проектується для керування однією людиною, тому слід приділяти увагу вимогам, пов'язаним з роботою обслуговуючого персоналу. Необхідно передбачити місця для зберігання найпростіших запасних частин, компонування, що сприяє швидкому навчанню водіїв, та можливість швидкої заміни

панелей або вузлів. Непрофарбовані внутрішні поверхні салону та гладкі зовнішні контури повинні допускати застосування механічного мийного обладнання.

7.7.4 Технологічні вимоги

Раніше було прийнято вважати, що вартість автомобіля можна змінювати лише запровадженням напівавтоматичного обладнання та зменшенням живої праці, збільшенням ступеня механізації процесів, безпосередньо пов'язаних з обсягом виробництва. Для досягнення максимальної ефективності обладнання та зниження вартості деталей необхідно прагнути максимальної уніфікації складових частин автомобіля.

Вузли та елементи конструкції кузова повинні бути спроектовані з урахуванням як технології складання, так і експлуатаційних вимог. Використання обробки тиском та точкового зварювання для великої кількості стандартних виробів могло б позитивно позначитися на вартості та терміні служби в умовах високого контролю точності виготовлення виробів.

Головні вузли мали б бути зістиковані за допомогою різьбових заклепок; до цих вузлів відносяться підлога, дах, ліві та праві каркаси боковин, передній та задній блоки. Складання цих вузлів і автомобіля в цілому повинні проводитися в суворій технологічній послідовності.

7.7.5 Вимоги, що обумовлюються агрегатами та вузлами автомобіля

Підвіска, система кондиціонування, механізми відчинення та закривання дверей та інші системи накладають свої обмеження на конструкцію. Наведена на рис. 7.9 компоновка показує, що потрібно проектувати конструкцію з урахуванням складної схеми передачі навантаження. Зокрема, поперечна балка каркаса даху повинна мати отвори для проходу теплого повітря системи опалення.

7.7.6 Питання проектування

Основні дані, пов'язані з масою та вартістю автомобіля зводяться до наступного:

- геометричне компонування та розподіл навантаження

- автомобіля;
- вимоги до конструкції (термін служби та призначення);
 - технологічні вимоги (методи з'єднання та складання);
 - специфікація матеріалів.

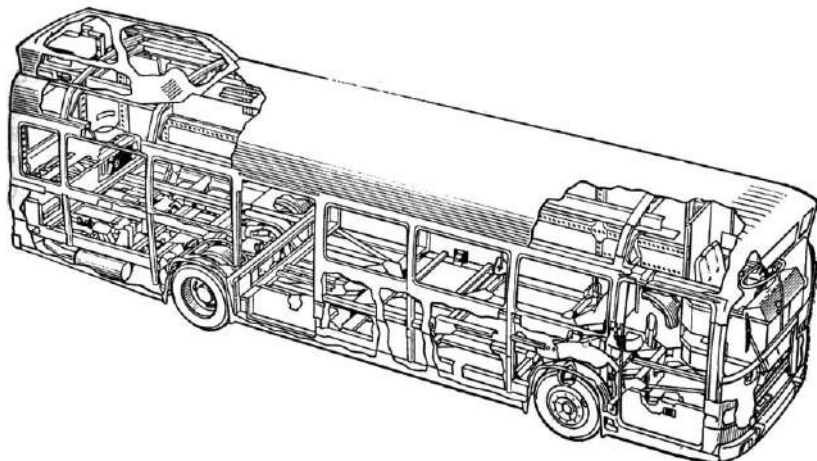


Рисунок 7.9 – Конструкція та робочі органи автобуса «Leyland National»

Було закладено термін надійної роботи автомобіля, що дорівнює 15 років, і було прийнято те, що нормальна робоча напруга в окремих деталях повинна становити приблизно межі плинності або 0,1 % напруги, що руйнує матеріал, з якого виготовлена ця деталь.

Жорсткість конструкції автомобіля при крученні та згині повинна бути, принаймні, у 2 рази більша за відповідні параметри сучасних традиційних одноповерхових автобусів, побудованих у Великобританії.

Метою проекту було також вирівняти напруги по всій конструкції, особливо на ділянках конструкції даху, що розташовані над дверними отворами.

Крім того, параметри конструкції, що перебуває під навантаженням, повинні задовольняти нормам і правилам, викладеним у нормативних документах, прийняті американською федеральною школою, прийняті в Німеччині та Швеції.

У результаті було вироблено вимогу забезпечувати захист пасажирів під час удару з допомогою конструкції, що поглинає енергію удару. У загальних критеріях навантаження враховано прискорення 3g (у деяких зонах 4g), при гальмуванні (руху вперед або назад) враховується прискорення 2g, при ліво- або правосторонньому радіальному навантаженні, крім прискорення 2g, враховується прискорення 1g. При цьому крутний момент, що сприймається конструкцією в районі переднього і заднього мостів, приймається рівним 67 700 Н•м.

Точкове зварювання було використане для з'єднання всіх відповідних елементів, а також складових частин вузлів, для яких економічно вигідне застосування такого способу з'єднання. Інші та основні вузли з'єднані різьбовими заклепками.

Для основних елементів конструкції були обрані сталі, компонентами яких є легкі метали, а слабо навантажених елементів застосовувався алюмінієвий сплав.

Для протикорозійного захисту сталевих елементів основи потрібне нанесення покриття у гарячому розплаві та гальванопластичне покриття. Крім цього, у тих же цілях застосовується напилення епоксидним порошком.

7.7.7 Питання розрахунку

Спочатку були досліджені та випробувані окремі елементи та вузли, такі як стійки, шпангоути даху, поперечки, елементи, що утворюють надколісні аркові ніші, вузли рами основи, а потім виробили конструктивно-технологічні рішення.

Наступний етап був оцінкою великих конструктивних схем, таких як обв'язування надколісних аркових ніш, дверні рами, поріг, а також балкова конструкція силової установки.

Для перевірки методів розрахунку всієї конструкції спочатку було змодельовано та досліджено модуль автобуса, показаний на рис.7.10. Жорсткість на кручення цієї конструкції була обчислена з точністю до 25 %. У той самий час до розрахунку конструкції загалом з метою оцінки стійкості стислих панелей було застосовано методи, прийняті під час розрахунку авіаційних конструкцій. Конструкція загалом розраховувалася за методикою розрахунку просторових конструкцій, заснованої на кінцево-елементному підході. Схема конструкції показана на рис.7.11.

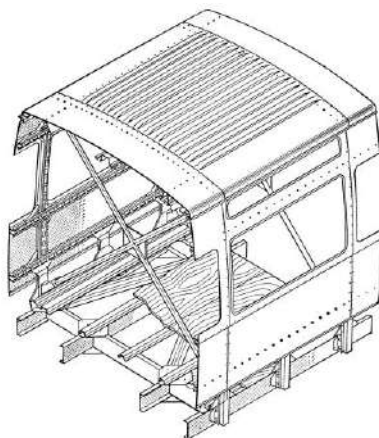


Рисунок 7.10 – Модуль конструкції автобуса «Leyland National»

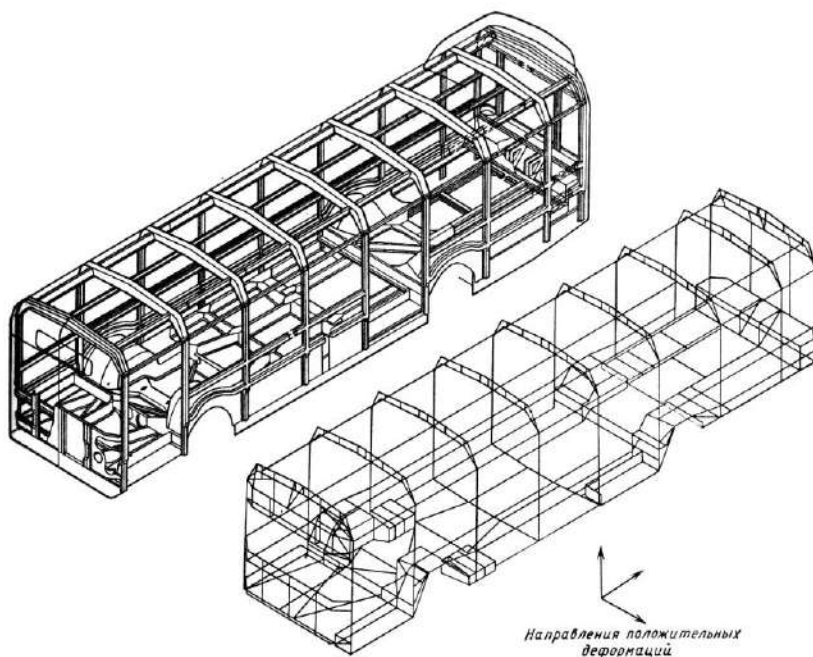


Рисунок 7.11 – Каркас та схема конструкції автобуса «Leyland National», на якій показані місця встановлення датчиків

8 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ З ОБЛІКОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИМОГ

Розгляд процесу розробки кузова буде неповним, якщо не зупинитися на технологічних питаннях. Конструктору необхідно знати та враховувати, що саме при проектуванні кузова має здійснюватися ув'язування конструкції та технології виготовлення кузова і навіть розробка спеціальних технологічних процесів. Внаслідок цього сучасна технологія виготовлення кузова повністю відійшла від первісного мистецтва виготовлення карет.

8.1 Проблеми штампування та зварювання

Вже під час визначення форми кузова необхідно враховувати можливість його виготовлення та технологічні вимоги, це відноситься до конструкції деталей, вузлів та до їх монтажу.

8.1.1 Конструкція окремих деталей

Більшість деталей кузова виготовляють методом витяжки, проте там, де це можливо, наприклад, для деталей основи кузова, конструктор повинен прагнути з міркувань менших виробничих витрат замінити витяжку гнучкою.

У процесі витяжки сталевий лист набуває необхідної форми під дією пуансона (який задає форму деталі) та негативної форми (матриця); при цьому лист ковзає або витягується, точно набуваючи остаточної форми. У конструкції штампованих деталей зазвичай враховують таке.

1) Зовнішні панелі повинні мати достатню жорсткість форми внаслідок надання поверхні певної кривизни, виконання малих радіусів або заглиблень (жолобків).

2) При розподілі на частини зовнішніх штампованих деталей слід добиватися того, щоб не було видно зварних швів, тобто вони повинні розташовуватись у прихованих місцях.

3) Форма деталі повинна бути по можливості такою, щоб її можна було виготовити за одну операцію, без будь-якої додаткової обробки, тобто одночасно з робочою операцією має відбуватися обрізання.

4) Гострі кути та невеликі радіуси по можливості повинні

бути відсутніми, щоб виключалися розриви листа або утворення складок у процесі витяжки. Це не стосується фланців, розташованих зовні.

5) Наскільки можна, має бути рівномірна (і невелика) глибина витяжки, тобто повне виключення глибоких видавок чи фланців, оскільки у результаті виникають великі відхилення товщини металу, що небажано з погляду можливостей проведення подальшої обробки (шліфування, зварювання).

6) Жорсткі допуски на виготовлення та висока точність потрібні лише тоді, коли це необхідно для нормальної роботи деталі або збирання вузла. Особливої критики заслуговують штучно занижені допуски на площинність.

7) Шляхом надання деталі відповідної форми, слід домагатися наскільки можна ефективного використання сталевих листів, тобто малої кількості відходів при штампуванні або витяжці з листів заготовки та простого обрізання готової деталі з малими відходами.

Тісне співробітництво між конструктором і технологом у разі необхідно, і вже доведено практично. При підготовці виробництва контакт із технологами особливо необхідний, коли визначаються деталі кузова, що об'єднуються в одну групу (наприклад, підлога кузова, з'єднання стійок та ін.).

Оскільки у багатьох випадках для цього необхідно знати передбачувану послідовність збирання та зварювання кузова. Тому конструктор повинен враховувати найважливіші технологічні вимоги зварювання і послідовність складання, що намічається за даним проектом.

8.1.2 З'єднання металевих деталей (зварювання, паяння, склеювання)

У кузовобудуванні майже завжди застосовують точкове зварювання внаслідок його простоти, доступності та відносно малої вартості. До того ж таке зварювання дозволяє проводити широку автоматизацію процесу зварювання.

І тільки для окремих невеликих з'єднань, які недоступні для зварювальних кліщів або розташовуються на відкритій зовнішній поверхні кузова, слід застосовувати дугове або газове зварювання

(при необхідності в середовищі захисних газів для запобігання окисленню або перепалу).

Іноді можна використовувати місцеву тверду пайку, коли потрібні заповнення шва та висока міцність. Там, де необхідна висока герметичність зварного шва, і якщо дозволяють форма шва та необхідна точність з'єднання деталей, можна з успіхом застосовувати роликове зварювання (наприклад, між дахом та боковинами). Для з'єднання окремих деталей іноді можна використовувати дугове зварювання з оплавленням.

Щоб забезпечити правильне зварювання, необхідно дотриматися наступних умов:

- фланці, що зварюються, повинні мати ширину (не менше 12 мм), достатню для того, щоб можна було правильно розташувати електроди зварювальних кліщів і створити необхідний тиск притиску;
- зварний шов повинен розташовуватися по можливості в одній площині і не мати зламу. При роликовому зварюванні допускаються невеликі закруглення шва з постійним радіусом ($R > 75$ мм), крім того, має існувати можливість прискорення та уповільнення руху роликів;
- на кресленні має бути задано символом точно встановлену відстань між точками зварювання (крок зварювання), обрану з урахуванням вимог міцності та технології;
- слід уникати застосування багат шарових швів точкового зварювання. Це означає, що тільки у виняткових випадках і на невеликій відстані дозволяється з'єднувати точковим зварюванням не більше трьох листів;
- точковим зварюванням слід по можливості зварювати металеві деталі рівної товщини; максимально допустима відмінність має бути не більше 1,5 товщини найтоншої деталі;
- максимальне зменшення довжини зварних швів та виключення зварювання або паяння вручну.

Точкове зварювання необроблених або тільки протруєних деталей кузова зазвичай не викликає труднощів. Однак для

товстих швів і швів, особливо схильних до корозії, потрібна спеціальна обробка.

Якщо подальша герметизація з'єднання ущільнювальною мастикою неможлива, то на сталеві листи, що зварюються, наносять струмопровідну ущільнювальну мастику (зварювальну пасту), що містить цинк, яка запобігає або уповільнює корозію.

Таке рішення можна успішно використовувати і при комбінованому з'єднанні, в якому точкове зварювання (двері) застосовується разом із загинанням фланців. Проблему антикорозійного захисту розглянуто нижче.

Нагадаємо, що в майбутньому клейові з'єднання металів все більше замінятимуть зварювання. Оскільки склеювання застосовується і для зовнішніх панелей, це дозволить багато в чому спростити конструкції і зробити їх легшими.

В даний час склеювання застосовується для деталей, які в процесі виготовлення повинні притискатися одна до іншої, наприклад, для внутрішніх панелей капота та підсилювачів даху.

Подальше використання клейових з'єднань передбачає порядок з точно підігнаними штампованими деталями наявність клею, що твердне відразу після притискання деталей однієї до іншої, має достатню міцність і стійкість до впливу температури, щоб процес виготовлення кузова не сповільнювався через операцію склейки.

8.1.3 Складання зварних конструкцій

Складання чорного кузова – це складний процес складання в єдине ціле великих вузлів (підскладання), зварених з окремих деталей. При комбінованому, поздовжньо-поперечному розподілі кузова в загальному випадку є такі основні складальні одиниці: підлога в зборі з передніми та задніми лонжеронами; ліва та права боковини з внутрішніми деталями; дах із внутрішніми деталями; передня частина кузова зі щитком та поперечною панеллю приладів.

Це поділ зразковий, основою його покладено старі методи (розрахунки, тощо). З урахуванням технологічних можливостей та наявного обладнання цей поділ, звичайно, може бути дещо іншим.

Складання кузова відбувається в одному або декількох пристроях (або зварювальних кондукторах), які забезпечують

отримання необхідних розмірів. Зварювання має здійснюватися одночасно в багатьох точках, що можливо за точної відповідності однієї штампованої деталі іншої, та автоматичного управління зварювальними кліщами.

Щоб перевірити правильність розташування отворів для проходу електродів і достатність їх кількості, а також з'ясувати послідовність зварювання деталей, можна скористатися моделями кузова.

При поділі кузова на складальні одиниці слід передбачати можливість заміни їх на станціях технічного обслуговування. Великою перевагою для автомобіля, що потрапив в аварію, є можливість заміни відразу всього вузла замість рихтування пом'ятих деталей, що ще не завжди можливо!

У цьому випадку пошкоджений кузов роз'єднують у певних місцях, прийнятих спільно службою технічного обслуговування та заводом-виробником, та встановлюють нову частину кузова (наприклад, передню частину автомобіля без щитка). Це забезпечує виконання якіснішого ремонту.

8.2 Антикорозійний захист кузова, забарвлення

Вище неодноразово вказувалося на те, що антикорозійний захист кузова має велике значення, тому що серед усіх вузлів автомобіля кузов схильний до неї найбільшою мірою. Для багатьох заводів – виробників автомобілів це стало приводом для введення спеціальних програм боротьби з корозією кузова (додатково до захисного покриття емаллю).

Звичайно, ці заходи у різних заводів-виробників різняться між собою, проте в основному вони містять наведені нижче методи боротьби з корозією, які має враховувати конструктор.

1) У легких конструкціях, що використовуються в даний час, є велика кількість порожніх профілів, внутрішні поверхні яких дуже важко захистити від корозії. Тому в тих місцях, де дозволяє міцність, виконують отвори, прорізи, вікна, щоб завдати антикорозійних засобів, а також провести повторну обробку ними в процесі експлуатації автомобіля.

2) Деталі, які (як показує накопичений досвід) особливо схильні до корозії, слід вже перед збиранням покривати захисним антикорозійним ґрунтом (що містить хромат цинку) або

застосовувати для їх виготовлення оцинковану сталь та ін. Це відноситься, перш за все, до арків коліс, крил з фланцями внутрішнім деталям кузова та ін. Спеціальна обробка потрібна для нижньої частини кузова та внутрішніх сторін лонжеронів. Застосування корозійностійкої сталі не рекомендується насамперед через її високу вартість.

3) Після закінчення складання очищених кузов (включаючи двері, капот і кришку багажника) піддають повній антикорозійній обробці (цинкофосфатування) методом занурення (або розпилення), яка посилює зчеплення шарів лаку, що наносяться пізніше, оскільки поверхня металу набуває шорсткості заліза. Товщина шару залежить від часу обробки, загалом вона становить 10-20 мкм. Отвори, необхідні для циркуляції фосфатуючої рідини, пізніше закривають, щоб унеможливити проникнення води; проникнення повітря через деталі (двері) також небажано (при рідко застосовуваному реверсивному методі, що захищає від корозії порошок (епоксидна смола), напиллюють на поверхню чорного кузова електростатично).

4) Після такої попередньої обробки наноситься ґрунт методом розбризкування або занурення (товщина шару приблизно 30-40 мкм), причому метод електрофорезу, при якому кузов і ванна з ґрунтом мають протилежні електричні заряди – найбільш вдалий, оскільки в цьому випадку ґрунт проникає у найтонші щілини та ніші. Шляхом розміщення окремих електродів у порожнинах можна забезпечити задовільне покриття внутрішніх поверхонь. Ґрунт висихає при температурі приблизно 190°C.

5) Потім у необхідних точках ущільнюють зварні негерметичні шви, закривають пластмасовими заглушками або мастикою отвору, якщо це не зроблено при зварюванні; Виконання цих робіт можна полегшити за допомогою раціонального оформлення стиків.

6) Днище кузова, лонжерони, а також поверхні порожнин, що знаходяться в корозійно-агресивних умовах, покривають захисним шаром спеціальної зносо- та ударостійкої мастики, яку часто наносять вручну, оскільки метод занурення в даному випадку неприйнятний. В арках коліс шар мастики може бути додатково посилено шляхом нанесення бітумно-гумового шару.

Іноді встановлюють щитки зі зносо- та ударостійкого матеріалу.

7) Потім на зовнішню поверхню кузова для згладжування дрібних нерівностей та отримання гладкої поверхні перед нанесенням емалі можна нанести другий шар ґрунту. Це здійснюється або в автоматичних розпилювальних камерах або вручну. Після сушіння та шліфування наноситься останній верхній шар емалі.

8) Товщина шару емалі, що визначає колір автомобіля, дорівнює приблизно 20-40 мкм. Кузова різних кольорів можуть бути отримані тільки в результаті зміни кольору емалі в камерах забарвлення через певні проміжки часу (кілька днів або тижнів), що залежать від обсягу замовлення, причому забарвлення нормальними і металізованими емаллями повинне здійснюватися роздільно. Це вимагає наявності накопичувача фарбованих кузовів, який необхідний також і для виконання монтажу внутрішнього обладнання за бажанням покупця. Звідси видно, що велика гама кольорів, виконань, а також двигунів, коробок передач та велика різноманітність запитів покупців суттєво ускладнюють технологію складання, яку можна забезпечити лише за чіткої організації процесу виробництва та управління.

Після сушіння емалі (приблизно при 140-160°C) кузов підготовлений для монтажу внутрішнього обладнання, сидінь, агрегатів шасі на складальному конвеєрі.

На деяких фірмах на додаток до описаних процесів починають обробляти вручну порожнини, що корродують, спеціальним воском. Готовий автомобіль консервують за допомогою спеціального воску від впливу атмосферних впливів під час транспортування. Про те, що шар воску повинен легко видалитися, було відмічено вище.

Звичайно, неможливо було показати всі подробиці даного процесу, проте наведені відомості повинні познайомити інженера-початківця – кузовника і будь-якого іншого фахівця з винятково цікавою і багатогранною областю автомобілебудування.

Чи в автомобілебудуванні є якась інша сфера, настільки багатогранна за можливостями проектування; проте інженерна систематизація методів роботи інженера – кузовника відома поки

що лише фахівцям. Людям, не пов'язаним із розробкою кузовів, вона незнайома.

8.3 Розрахунок вкладу у вартість виробу окремих складових

Вартість є вирішальним фактором при проектуванні кузова автомобіля масового випуску і було б нерозумним ігнорувати вартісне обмеження, оскільки воно діє на кожному етапі проектування.

Таким чином, ясно, що за наявності кількох альтернативних конструктивних рішень завдання проектування найкращим є таке рішення, яке пов'язане з найменшими витратами на матеріали, обладнання та складання.

Щоразу, коли це можливо, проектувальники повинні розглядати методи вартісного аналізу, так як ці методи можуть призвести до нового підходу до завдання, в результаті якого буде отримано ефективніший проект, як з точки зору конструкції, так і з точки зору вартості.

Методика полягає у чіткому визначенні функції тієї чи іншої деталі й у подальшому зіставленні загальної вартості реалізації цієї функції з вартістю конкуруючого варіанта деталі без жодних упереджень. Прикладом завдань, що розглядаються в таких випадках, можуть бути стабілізація кришки багажника, розподіл навантажень задньої підвіски, кріплення ременів безпеки.

Опис вираження вартості реалізації тієї чи іншої функції, можна назвати «прочісуванням» проекту, у тому сенсі, що його можна використовувати як аргумент, за допомогою якого можна переконати інженера, який відмовляється визнати всупереч усім продемонстрованим йому викладкам та порівнянням, що його проект містить непотрібні деталі або призводить до зайвих витрат.

На противагу цьому в деяких організаціях допускається вартісне «прочісування» без належного врахування технологічних вимог, тому має бути знайдено обґрунтоване компромісне рішення.

Перший крок полягає у проведенні розбиття виробу на деталі. Таке розбиття представляється у формі, що дозволяє економісту швидко підрахувати вартість деталі та витрати на

необхідне для її виготовлення обладнання. При першому розгляді зазвичай проводиться порівняння з ідентичними деталями попередньої моделі, або конкуруючої.

Потім застосовують вартісний аналіз, розглядаючи деталь за деталлю, послідовно зіставляючи вартість реалізації функцій. Після цього може бути прийняте рішення щодо того, чи можна реалізувати ту саму функцію меншим числом деталей або більш простими деталями, а також можна обійтися без певних якостей виробу.

Заходи щодо вартісної оцінки даної деталі можна визначити як сукупність обліку наступних факторів: сумарна чиста вартість матеріалу, витрати на переробку відходів, частка заробітної плати (як елемента собівартості), що відноситься до операцій виготовлення деталі, а також фіксовані накладні витрати, причому мають на увазі частина накладних витрат, яка існує незалежно від того, перебуває ця деталь у виробництві чи ні.

Змінна частина накладних витрат – це витрати, що безпосередньо пов'язані з виготовленням деталі, виробничі накладні витрати, які припиняються, як тільки припиняється виробництво.

У виробничі накладні витрати входять такі статті, як експлуатаційні витрати, і навіть витрати, витрачаються обробку матеріалів, які стосуються даної деталі. Крім того, деталь повинна, перш за все, бути дорогою і надійною, високо технологічною.

Слід нагадати, що висококваліфікований досвідчений слюсар-механік може витратити одну операцію 0,5 год, але коли технологія виробництва повністю налагоджена, ця операція може зайняти у недостатньо кваліфікованого робітника-оператора всього 2 хвилини робочого часу.

8.4 Проектування технології штампування

Існує кілька способів здешевлення основної операції різання металевих форм для подальшого штампування. Слід уникати закруглених кутів або, навпаки, надто гострих ($< 45^\circ$). У тому та іншому випадку це може призвести до передчасної необхідності заміни штампу.

Звичайно, плавне поєднання криволінійних та прямолінійних

контурів надає виробу привабливих обрисів, проте це може збільшити відходи металу при заготівлі форм штампуванням зі смугового матеріалу.

При правильній організації виробництва заготовок, загострені частини розташовуються ближчі один до іншої, й у результаті обсяг відходів знижується. Якщо переважають округлення, то в смузі залишаються більші, ніж у першому випадку, непрямі шматки матеріалу, що утворюються внаслідок наявності зазначених заокруглень.

При проектуванні деталей, призначених для витяжки на пресі, слід пам'ятати, що металам властива плинність, тому нижній радіус закруглення деталі може бути по можливості великим. Інакше може статися те, що показано на рис.8.1.

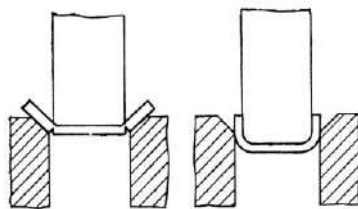


Рисунок 8.1 – Операція простої витяжки

При практичній необхідності підходящий радіус закруглення можна отримати шляхом виконання дорожчої послідовності декількох операцій витяжки. Корисно в більшості операцій витяжки надавати стінам невеликі ухили (невелике відхилення вертикальних стінок), приблизно 2° , щоб уникнути зморщування.

Слід пам'ятати, що при витяжці найбільша економічність виробництва досягається, коли глибина витяжки не перевищує діаметр штампу більш ніж 1,5 рази. В іншому випадку потрібно проведення більшої кількості операцій з послідовною зміною інструменту і навіть, можливо, з включенням операції проміжного відпалу.

При конструюванні деталі, що містить отвори, необхідно, щоб відстань між отворами та відстань отвору до краю деталі була, принаймні, в 2 рази більша за товщину металу. В іншому випадку товщина стінки прес-форми не зможе витримати ударні

сили, що прикладаються при пробиванні отвору.

Необхідно розглянути зміну форми заготівлі у процесі глибокої витяжки. Прямокутна деталь може бути витягнута на глибину, принаймні, рівну її ширині, за умови, що чисельна величина відношення глибини до радіуса заокруглення кута не перевищує 5.

У загальному випадку в несиметричних виробах, що штамнуються, коли метал листа заготовки повинен рухатися в декількох напрямках, виникає складний напружений стан, і різкі зміни поверхні кромки прес-форми можуть викликати надмірні деформації заготівлі і призвести до пошкодження прес-форми.

Отже, радіус заокруглення краю отвору в прес-формі повинен бути в межах діапазону, що дорівнює 4-10-кратної товщини металу.

Важливі моменти, пов'язані з конструюванням деталей, що штамнуються.

1) Гнуття фланців. Слід уникати підйому фланців у тих місцях, де контур листа утворює з лінією згину гострий кут. Інакше, металева стінка, утоняючись у напрямку лінії згину, стає непридатною для штампування і в результаті виходить ненормальне видавлювання металу.

2) Гаряче штампування. Для формування буртика, підсилювальних ребер або складок на панелі необхідно, щоб радіус переходу дотримувався і залишався постійним за величиною і сприяв посиленню. При наявності зазору навколо пуансона може статися збільшення радіуса заокруглення в місці стику. Крім того, наявність зазору може бути причиною утворення тріщин при випробуванні штампів.

3) Слід уникати утворення складок в оболонках. Якщо потрібно отримати тонкостінну гладку деталь, то необхідне ретельне опрацювання форми деталі у всіх її точках, так як в непроробленої частини метал буде залишатися м'яким, легко деформується. Для посилення днищ оболонок, одержуваних шляхом прямої витяжки, надходять двоє: або передбачають кільцеві буртики, або надають певну кривизну контуру матриці.

4) Відкриті оболонки із довгими прямими стінками. Скрізь, де це можливо, необхідно передбачати фланці вздовж кромки відкритих оболонок. Це усуне можливість появи

деформацій панелі внаслідок зняття напруги при обрізанні. При конструюванні слід також надавати стіні деяку кривизну в плані для протидії природній кривизні, створюваної радіусом закруглення пуансона.

5) Чи обов'язково фланці мають бути круглими? Якщо ні, можна отримати деяку економію при застосуванні безперервного виготовлення фланців і передбачанні поверхонь для подальшого саморозширення фланця. Це зменшує витрату матеріалу, а також дозволяє скидати обрізки смуги за пресом.

6) Чи завжди влаштовує ширина фланця? Варіант перевернутого та образного профілю фланця є більш дорогим, оскільки для забезпечення еквідистантності контурів фланців передній та задній контури згинів мають бути окреслені за кривими різного радіусу. Досягти економії на цій операції можна, якщо зробити фланці змінними шириною.

8.5 Проектування точкових зварних з'єднань

Норми техніки безпеки не дозволяють, за винятком поодиноких випадків, довести рівень технології, що реалізується на заводському стенді для точкового зварювання кузова або на окремих складальних допоміжних лініях, до рівня зразків, які можна отримати в умовах лабораторії або експериментальної майстерні.

Доступність місця з'єднання сприяє кращій якості зварювання, тому конструкторам слід вживати заходів до того, щоб елементи, що з'єднуються, не були надто прикриті сусідніми тонкостінними металевими конструкціями.

Деякі труднощі можуть виникнути при зварюванні металевих листів різної товщини. У зв'язку з цим слід дотримуватися верхньої межі відношення товщин зварюваних металевих листів, що дорівнює трьом. Облік специфічного призначення даного зварного з'єднання відображено на правих схемах рис. 8.2.

Щоб уникнути попадання води, з'єднання захищене козирком (рис. 8.2, а). Для компенсації неточностей складання краще «ковзає» шов (рис. 8.2, б).

З метою забезпечення більшої гнучкості передбачають самовстановлюване у просторі зварне з'єднання (рис. 8.2, в). Це зварне з'єднання необхідне забезпечення співвісності;

використання його на відкритих поверхнях слід по можливості уникати (рис. 8.2 г).

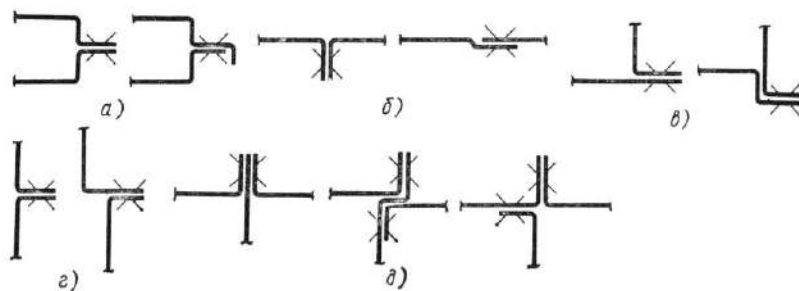


Рисунок 8.2 – Варіанти правильного та неправильного проектування з'єднання на точковому зварюванні

На рис. 8.2 д показано, як можна уникнути необхідності з'єднання точковим зварюванням більш ніж двох металевих листів.

Стикувальні з'єднання повинні здійснюватися таким чином, щоб спрощувалися конструкції, що захищають від негоди. Особливу увагу слід приділити якості конструкції на таких ділянках, де щільність точкового зварного з'єднання і граничне число листів, що стикуються, мають особливо важливе значення для ув'язування геометричних розмірів панельних елементів.

До таких ділянок відносяться монолітна рама основи кузова, що несе, з'єднання боковини передньої частини кузова, бічної панелі приладів і передньої стійки, з'єднання задньої надколісної дуги, обв'язувального бруса і задньої стійки, стик центральної стійки.

9 ОСНОВНІ РОЗМІРИ КУЗОВА

Відносно розмірів кузовів, що проектуються, діють три види обмежень, обумовлених рухом по дорогах загального призначення, перевезенням людей і вантажу.

Перший вид обмежень щодо відповідності автомобіля вимогам дорожнього руху та мінімальних значень деяких експлуатаційних розмірів визначено державними та міжнародними нормами.

Обмеження в області розмірів кузова, пов'язані з видом перевезень (людина чи вантаж), точно не встановлені та залежать від проектного рішення.

9.1 Норми

Автомобільний рух між окремими країнами і навіть між континентами викликав уніфікацію норм. У цій галузі працює підкомітет дорожнього транспорту Економічної комісії при ООН. На підставі постанов Підкомітету розроблено конвенцію про дорожній рух, яка була підписана у 1949 р.

Загальні норми та стандарти є вихідними умовами проектування. Якщо кузов відповідає обов'язковим вимогам, неможливо розвивати ні індивідуальний автомобільний транспорт, ні міжнародні торгові відносини.

Загальні норми та стандарти, безумовно, безперервно вдосконалюються та розвиваються, що потребує постійної перевірки їх фактичного стану. У частині загальних норм компетентним органом є Відділ дорожніх повідомлень Міністерства повідомлень, а частині стандартів – Галузевий нормалізаційний центр автомобільної промисловості

9.1.1 Габаритні розміри кузова

Габаритні розміри кузова визначаються довжиною, шириною і висотою, причому розмір за висотою дається для ненавантаженого автомобіля. За габаритну ширину кузова можуть виходити дзеркала, за умови встановлення їх на відкидних кронштейнах та корпуси покажчиків поворотів.

Перевищувати габаритні розміри у принципі не дозволяється. Це допускається лише для спеціальних автомобілів, але потрібні

детальні погодження у кожному окремому випадку. Додаткові габаритні обмеження діють, якщо передбачається перевезення автомобіля залізницею. Максимальний розмір за висотою, що допускається на автомобільних дорогах, перевищує залізничний габарит.

При застосуванні найнижчої зі звичайних залізничних платформ – висоту автомобіля обмежують до 3080 мм. Це обмеження відноситься до висоти не по всій ширині кузова, так як залізничний габарит має інший поперечний контур. При використанні спеціальних знижених платформ необхідно про це попереджати залізничників, крім того виникають додаткові витрати.

9.1.2 Вага та її розподіл по осях

Оскільки розподіл ваги кузова визначає навантаження на вісь транспортного засобу, при проектуванні кузова необхідно враховувати норми щодо допустимих навантажень на дорожнє покриття.

Допустима повна вага транспортного засобу не може перевищувати для двовісних автомобілів 16 т, для тривісних та з великим числом осей 24 т, для автопоїздів трьох-чотиривісних 32 т, а для п'ятиосних або з великим числом осей 38 т. Допустима повна вага зчленованих автобусів (шарнірних) сягає 28 т.

Істотне значення має також розподіл повної ваги по осях транспортного засобу. Допустиме навантаження на одну вісь становить 8 т і на дві 14,5 тс. Визначається також розташування осей у разі максимального навантаження.

У двовісного автомобіля, в якому хоча б на одну з осей припадає навантаження 8 т, відстань між осями має бути більше 3 м. Відстань між здвоєними осями не може бути більше 2 м і менше 1 м.

Розвиток вантажного транспорту, особливо контейнерних перевезень, спричинив, однак, до того, що в більшості країн допускається навантаження на одну вісь, що дорівнює 10 т, і відповідно підвищуються інші показники, пов'язані з вагою транспортних засобів.

Це має конкретне практичне значення: при проектуванні слід розподіляти навантаження в кузові та визначати

вантажопідйомність автомобіля відповідно до норм тих держав, де допускаються вищі навантаження, а також з урахуванням відповідності доріг автомобілям великої вантажопідйомності.

9.1.3 Форма кузова

Існують норми, які визначають форму кузова побічно (у значно більшій мірі на формі та конструкції кузова позначається дотримання вимог безпеки).

Це, перш за все норми на розміщення зовнішніх світлових приладів, особливості дверей та розташування сидінь, норми, що забороняють гострі та виступаючі елементи, та норми, що встановлюють перелік необхідного обладнання.

Нормами встановлена область можливого розміщення на кузові обов'язкових зовнішніх світлових приладів автомобіля нижньою межею, загальною для всіх приладів, верхньою та максимальною відстанню, а від поперечного контуру.

Крім світлових приладів, необхідно передбачати бічні показники поворотів, якщо транспортний засіб довший за 6 м або він є тягачем з причепом.

Встановлення нижньої межі фар викликало те, що в багатьох кузовах особливо низьких спортивних автомобілів стали передбачати спеціальний механізм, що висуває фари на час роботи і прибирає їх при вимкненні освітлення.

Визначення області розташування світлових приладів та загальних вимог до них забезпечило необхідний порядок у проектуванні цих елементів, важливих для зовнішньої форми кузова.

Вплив норм на форму кузова позначається також на поліпшенні багатьох інших показників автомобіля. Наприклад, заборона застосування заднього навішування дверей значно підвищує безпеку автомобіля, а заборона наявності гострих кромek та виступаючих елементів робить кузов менш небезпечним у разі зіткнення.

Загальні вимоги, як-от обмеження мінімальних розмірів сидінь, проходів, висоти внутрішнього приміщення та ширини дверей кузова автобуса, попереджають появу проєктів з експлуатаційними недоліками.

Критерії оглядовості, передбачені в нормах багатьох країн,

серйозно вплинули на величину та спосіб скління вікна водія (рис.9.1). Вибір відповідних кутів верхньої та нижньої оглядовості дозволяє водієві стежити за світлофорами, дорожніми сигнальними знаками та можливими перешкодами на проїжджій частині.

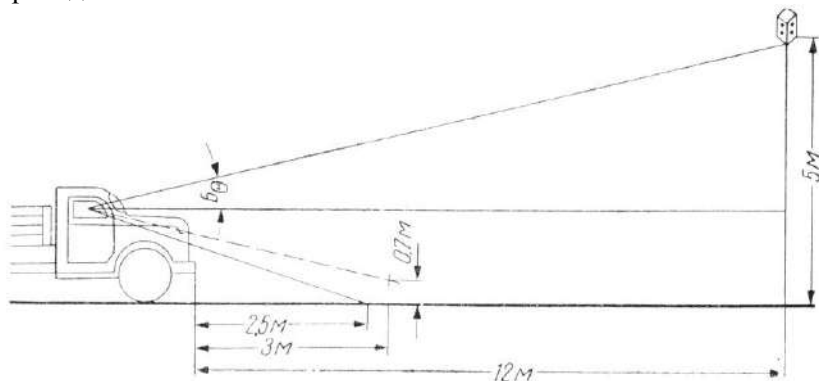


Рисунок 9.1 – Показники обов'язкової оглядовості вгору і вниз

9.1.4 Тенденції розвитку норм безпеки

Крім згаданих вище регламентів, досліджуються важливі для проектування питання:

- уніфікація задніх номерних знаків;
- оглядовість з місця водія;
- антизледеніння та осушення переднього скла;
- компонування кузова автобуса;
- виходи;
- протипожежна безпека;
- дистанційне керування дверима;
- перевезення дітей до шкіл;
- безпека пасажирів легкового автомобіля та водіїв вантажних автомобілів великої вантажопідйомності при лобовому зіткненні;
- розташування та форма елементів обслуговування;
- забезпечення безпеки пасажирів при рухомому вантажі;
- житлові причеви.

Облік регламентів пов'язаний часто з великими проектними

та технологічними труднощами, але є необхідним.

У США розробляються норми NATSA (National Highway Traffic Safety Administration USA – Служба безпеки дорожнього руху США). Американські норми, або стандарти, поділяються на три групи:

- група 100 – активна безпека (гальма, шини тощо);
- група 200 – пасивна безпека (буфера, ремені, сидіння тощо);
- група 300 – питання безпеки у разі дорожньої пригоди (пожежа, вихід тощо).

10 АЕРОДИНАМІКА АВТОМОБІЛЯ

Аеродинамічні властивості автомобіля залежать головним чином від особливостей його кузова. Внаслідок переваг, що отримуються при хороших аеродинамічних властивостях автомобіля, проблема аеродинаміки кузова стає все більш важливою та широкою.

На початку розвитку кузовобудування цікавилися майже виключно питаннями аеродинамічного опору. Після вивчення цих питань зайнялися проблемами аеродинамічної стійкості.

Коли і це в основному було вивчено, стали цікавитися окремими питаннями аеродинаміки кузова і детальним поліпшенням його форми, особливо внутрішніх приміщень, призначених для розміщення людей і двигуна, а також явищами аеродинамічного шуму. Тому скажемо кілька слів про вдале з погляду аеродинаміки формоутворення.

Хороша обтічність – функціональна, а не стилістична вимога. Обтічна форма не може бути довільно обрана, вона визначається лише за допомогою аеродинамічної труби. Дизайнер повинен знати найважливіші положення аеродинаміки, які використовуються для автомобілів.

Опір повітря створюється тертям повітря о поверхню кузова при обтіканні його повітряним потоком, що виникає внаслідок взаємного переміщення автомобіля та повітря. Опір повітря зростає у квадратичній залежності від відносної швидкості автомобіля та повітря, тобто при високій відносній швидкості цей опір значною мірою визначає витрати потужності та витрати палива, тим більше, що потужність, необхідна для його подолання, збільшується в кубічній залежності від швидкості.

Повітряний потік створює суттєві сили, що впливають на автомобіль. Ці сили можуть відривати автомобіль від дороги (підйомна сила), а при косому повітряному потоці (бічний вітер) можуть відхиляти автомобіль від заданого напрямку руху та змушувати водія коригувати курс.

Таким чином, аеродинамічні дослідження необхідно проводити вже під час розробки зовнішньої форми автомобіля. Спочатку для цього може бути використана невелика модель (в масштабі 1-4), яку обдмхують в аеродинамічній трубі

повітряним потоком, спрямованим попереду назад або вбік моделі під кутом до 60° .

Характер обтікання можна визначити за допомогою матер'яних ниток або спеціального фарбування потоку повітря. Досліджуючи поверхню моделі за допомогою трубок Піто, можна приблизно визначити співвідношення тиску повітря. Звідси ясно, що чим раніше буде виготовлена модель в масштабі 1:1 з отворами для охолодження та вентиляції, дверними ручками, рамами вікон та днищем кузова, тим краще.

Вносити зміни у форму кузова на пізніших етапах роботи дуже важко, особливо коли розробка конструкції просунулась досить далеко вперед або штаampi для виготовлення прототипів вже є. Звичайно, стиліст повинен від початку прагнути до створення добре обтічної форми, тобто він повинен звернути увагу на такі моменти.

Оскільки опір повітря пропорційно як коефіцієнту аеродинамічного опору, що визначається формою кузова, так і площі лобової поверхні автомобіля, то опір повітря буде малим тільки за аеродинамічно вдалої форми і малої площі фронтальної проекції лобової поверхні кузова.

Коефіцієнт C_x у сучасних автомобілів дорівнює приблизно 0,38-0,44. Значення коефіцієнта, що публікуються, мають істотний розкид, що залежить від особливостей використовуваної аеродинамічної труби, тому ці значення не переконливі.

Оскільки площа фронтальної проекції лобової поверхні кузова визначається величиною поперечного перерізу автомобіля, форма кузова має велике значення.

10.1 Аеродинамічне оформлення кузова

Найбільшу частку в опорі руху легкового автомобіля горизонтальною ділянкою дороги з високою швидкістю становить аеродинамічний опір, сила якого зростає пропорційно квадрату швидкості. Ясно, що зниження цього опору значно впливає на зменшення витрати палива. Тому в даний час поліпшення аеродинамічних властивостей автомобіля надається велике значення.

Аеродинамічний опір автомобіля можна зменшити головним чином шляхом скорочення величини коефіцієнта

аеродинамічного опору C_x . Важливість цього коефіцієнта відома з перших кроків розвитку автомобільного транспорту.

Вже перший автомобіль, що перевищив рубіж 200 км/год – паровий автомобіль Стенлі 1906 р., мав кузов, який мав, якщо можна так висловитися, деякі натяки на аеродинамічну форму, оскільки він нагадував перевернутий кілем вгору човен.

Аеродинамічні форми кузова на той час детально вивчав у випробувальних трубах професор В. Камм, проте вони були мало технологічні і були суто гіпотетичні моделі. Ближче до практики були форми кузовів, які розробляв П. Джерей; вони, зокрема, були використані для створення гоночних автомобілів «Ява».

На чехословацькому автомобільному заводі «Татра» за допомогою випробувань в аеродинамічній трубі був розроблений один з найпередовіших на той час кузов автомобіля «Татра 87», виробництво якого почалося в 1936 р. Це був перший автомобіль, що серійно випускався з дійсно аеродинамічною формою кузова.

Досягнутий у ньому коефіцієнт аеродинамічного опору C_x – 0,32 дозволив автомобілю масою 1 900 кг із двигуном потужністю 54 кВт розвинути швидкість 160 км/год.

Автомобільний завод «Віков», як і підприємства «Шкода», «Збройовка Брно» та «Вальтер», також створили поодинокі екземпляри автомобілів з аеродинамічними формами кузова, застосовували їх при підготовці гоночних машин, але не змогли забезпечити серійне виробництво.

Перші аеродинамічні кузова мали на меті знизити, головним чином, лобовий опір автомобіля. Пізніше з'ясувалося, що необхідно забезпечити також його аеродинамічну стійкість; це принесло із собою як нові проблеми, так і нові знання.

Відмінність аеродинаміки автомобіля від аеродинаміки літаків полягає в тому, що автомобіль рухається по твердій поверхні і рухається колесами.

Необхідно тому брати до уваги так зване спливання (піднімання) та перекидання автомобіля аеродинамічними силами, а також вплив бокового вітру на стійкість автомобіля під час його руху.

У цьому посібнику основна увага звертається на зниження аеродинамічного опору автомобіля; проблеми ж його аеродинамічної стійкості становлять самостійний інтерес і

докладно не розглядаються.

У коефіцієнті C_x відображається кілька видів аеродинамічного опору:

- опір форми, що викликається перепадом тиску повітря на поверхні кузова (50-80 %);
- опір тертя повітря на поверхню кузова (3-10 %);
- внутрішній опір, що виникає під час проходження повітря через системи охолодження двигуна, опалення та вентиляції кузова (10-20 %);
- опір, що виникає за рахунок завихрення повітря при обертанні коліс (5 %).

На опір повітря дуже впливають різні поглиблення (наприклад, вікна) і виступи на кузові, молдинги, дзеркала заднього виду, фари, склоочисники та ін.

Вплив цих деталей важко визначити на дрібномасштабних моделях при їх продуванні в трубі, тому сьогодні перевага надається вимірюванням, які проводяться при продуванні реальних автомобілів у великих аеродинамічних трубах.

Утилізація, навіть часткова, втрат, пов'язаних з аеродинамічним опором, практично неможлива. Теоретично можна було б використати тертя повітря на поверхню кузова, наприклад, для відведення теплоти від двигуна.

Коефіцієнт тепловіддачі залежить від швидкості повітря, що обтікає гарячу поверхню, але тертя не залежить від температури цієї поверхні. Зовнішня поверхня кузова повинна замінити поверхню радіатора.

Практичне здійснення такої системи пов'язане, однак, з великими труднощами, так як гаряча поверхня кузова могла б бути джерелом опіків, а влітку в автомобілі була б занадто висока температура. Але є такі частини автомобіля, які можна було б використовувати як заміну радіатора. Для цієї мети могла б служити нижня частина кузова, але вона найбільше схильна до пошкоджень, забруднення та корозії.

На підприємстві «Татра» у м. Копршівниці була зроблена спроба розмістити масляний радіатор на днищі кузова. З функціональної точки зору, таке рішення відповідало всім вимогам, проте надійність його була дуже низькою, тому що постійно існувала небезпека пошкодження камінням трубок

радіатора та витоку масла. Аналогічні досліді проводилися на гоночних автомобілях та спортивних літаках, у яких для охолодження використовувалася поверхня крил.

10.1.1 Обмеження, що накладаються на конфігурацію конструкції

Термін «просторове проектування» застосовують в автомобілебудуванні для опису роботи інженера-конструктора:

- по-перше, за пристосуванням інтер'єру автомобіля для розміщення пасажирів та водія, а також механічних систем, і,
- по-друге, з реалізації вимог, що пред'являються до зовнішнього вигляду автомобіля, які висувають фахівці зі стилізації форми та обробки кузова, спеціаліст з аеродинаміки, спеціаліст у галузі норм та правил та інші фахівці.

Процес компонування автомобіля в основному зводиться до просторового проектування, і матеріал, що приводиться в цій частині допоможе майбутньому інженеру-конструктору або проектувальнику усвідомити характер обмежень, що накладаються на конструкцію при її проектуванні.

10.1.2 Оформлення передньої частини автомобіля

В основному умови обтікання визначаються формою передньої частини автомобіля, тому вона має бути виконана особливо вдалою з погляду аеродинаміки. Для цього передня частина повинна бути низькою і широкою з контурними лініями, що трохи піднімаються вгору, без гострих кутів, щоб плавно прямував потік і виключався його відрив, мати по можливості малу і широку решітку радіатора, похиле, але не надмірно, вітрове скло під кутом 48-55° до вертикалі, щоб зберегти певну зону надлишкового тиску, з якої повітря надходить у систему вентиляції та опалення.

Сильний нахил покращує обтічність, але одночасно з цим, зростають маса скла та проникнення сліпучих променів сонця в салон (сліплення та перегрів), дія яких якоюсь мірою може бути зменшена за допомогою тонованого скла.

Перехід скла до боковини здійснюється шляхом надання скла

різної кривизни в центрі та з боків, причому тут слід враховувати можливість спотворення видимості. Ці вказівки можна розглядати лише як загальні рекомендації. Тільки дослідження в аеродинамічній трубі можуть дати точні результати.

10.1.3 Бічні поверхні

Бічні поверхні мають відносно малий вплив на безвихровий потік, коли дотримано наступне. У вертикальній площині бічні поверхні не повинні бути надто закругленими (зручність входу та виходу), а шибки повинні по можливості розташовуватися в одну лінію із зовнішнім контуром.

Бічні поверхні повинні переходити в дах по радіусу, щоб не утворювалися ребра завихрення. Зазвичай розташований тут водостічний жолобок повинен по можливості щільно прилягати до закруглення даху, так як відводить воду, що стікає з даху.

Спереду ринва повинна плавно з'єднуватися зі стійкою передніх дверей, щоб не виникав шум від повітряного потоку, що обтікає автомобіль. Іноді в цьому місці краще мати підштампування, яке буде певним чином спрямовувати повітря.

10.1.4 Задня частина автомобіля

Крім того, що передня частина автомобіля повинна бути виконана добре обтічною, форма задньої частини автомобіля також істотно впливає на опір повітря і аеродинамічні властивості автомобіля. Особливо сильно цей вплив позначається на коефіцієнті C_x , оскільки в задній частині кузова повітряний потік відривається з утворенням більш менш сильного завихрення.

Практично задню частину автомобіля неможливо виконати настільки досконалою, щоб обтікання її повітрям відбувалося без завихрень, подібно до того, як у дирижабля (у цьому випадку задня частина автомобіля має бути дуже довгою). З цієї причини форма задньої частини автомобіля завжди є аеродинамічний компроміс.

Задній контур даху визначається положенням заднього сидіння по висоті та ширині. Спочатку слід ухвалити рішення за стилем, тобто визначити, яку із трьох зазначених вище форм застосувати на новому автомобілі. Але кожна з цих форм має

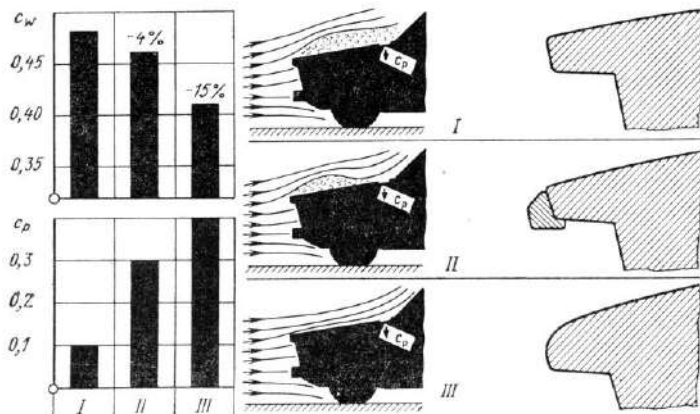
бути виконана наскільки можна досконалою з погляду аеродинаміки.

Навіть ступінчаста задня частина, якщо її зробити правильно, по аеродинамічних якостях нітрохи не поступається задній частині що плавно спускається, зовсім навпаки!

До того ж за іншими параметрами (безпека, оглядовість, об'єм багажника) дана форма має переваги, тому саме цій формі слід віддавати перевагу.

Незважаючи на це, в даний час в моді форма задньої частини автомобіля, що круто спускається (або тупа). Результати досліджень, проведених в аеродинамічній трубі, показують, що висота і нахил кришки багажника (яка повинна опускатися лише небагато) мають найбільший вплив на коефіцієнт C_x .

Вихровий зрив потоку позаду заднього скла відбувається на невеликій ділянці поперечного перерізу, тому коефіцієнт C_x має відносно малі значення. На рис. 10.1 відображає вплив форми передньої частини автомобіля на коефіцієнти C_x і C_p (дослідження Volkswagen), що має велике значення при короткому капоті.



1 – повний відрив потоку (вихідна форма); II – частковий відрив потоку; III- відрив потоку не відбувається (автомобіль «Гольф» фірми «Фольксваген»)

Рисунок 10.1 – Вплив форми передньої частини автомобіля на коефіцієнт опору повітря C_x та коефіцієнт тиску повітряного потоку C_p для автомобіля з коротким капотом спереду

10.1.5 Отвори для охолодження та вентиляції, днище автомобіля

Всі отвори, призначені для надходження повітря, повинні розташовуватись у зонах підвищеного тиску, а отвори, що використовуються для виходу повітря, у зонах зниженого тиску.

Перші не повинні мати гострих граней, щоб не відбувалося вихороутворення. Розташування та форму вихідних отворів слід перевірити в аеродинамічній трубі при різних напрямках повітряного потоку, щоб досягти ефективної витяжки повітря та відсутності зворотного підсмоктування повітря.

Своєчасно слід перевірити ефективність охолодження двигуна повітряним потоком, щоб пізніше не потрібно було вносити змін, що стосуються форми або конструкції зовнішніх панелей. Внутрішній повітряний потік зазвичай збільшує опір повітря автомобіля приблизно на 6-7 %. Днище автомобіля має бути відкритим. Дизайнер повинен домогтися того, щоб вузли і деталі шасі, що встановлюються знизу днища, такі, як елементи системи випуску відпрацьованих газів, важелі, запасне колесо і паливний бак, не були видні.

10.1.6 Центр аеродинамічного тиску, стійкість до впливу бокового вітру, підйомна сила

Все викладене вище про опір повітря і обтічність - правильне тільки для випадку, коли повітряний потік діє в напрямку поздовжньої осі автомобіля. Майже такого ніколи не буває.

Повітряний потік найчастіше відхиляється вбік, і навіть вгору чи вниз поздовжньої осі, тобто спрямований під якимось кутом до напрямку руху автомобіля, інколи ж зовсім перпендикулярно до нього (боковий вітер). При цьому виникають бічні сили та моменти, розподіл яких (місце застосування та напрямок дії) в основному залежить від форми автомобіля.

У зв'язку з цим вимірювання на моделі слід проводити в аеродинамічній трубі та при бічному обдуванні. Найкраще, коли ще не виготовлений прототип, помістити модель, виконану в масштабі 1:1 і з передбачуваним розподілом ваги (отриманим в результаті ретельного розрахунку за показаннями шестикомпонентних ваг), в аеродинамічну трубу і виміряти

горизонтальні та вертикальні сили та моменти, що виникають за різних напрямків повітряного потоку. Сили впливу вітру як і тягові сили, врівноважуються реакціями, що є у точках контакту шин із дорогою і створюють сили увода.

Як і всі аеродинамічні сили, підйомна сила зростає пропорційно до квадрата швидкості потоку повітря і залежить від кута обдування. При загальноприйнятих формах кузова автомобіль під дією поперечної сили спереду піднімається, а при виконанні обтічної передньої частини присідає ззаду.

Оскільки підйомна сила при високій швидкості руху негативно впливає на стійкість автомобіля та на його безпеку, то її можна зменшити, якщо застосувати внизу передньої частини автомобіля спеціальний пристрій (спойлер) для відхилення потоку повітря.

Проте спойлер помітно збільшує опір повітря. У цьому відношенні краще використовувати клиноподібну форму кузова гоночних автомобілів. Задній спойлер, що застосовується для підвищення навантаження на задні колеса та зменшення опору повітря (безвихровий відрив повітряного потоку), для легкових автомобілів не потрібно. У кожному випадку оптимальні розташування та форма спойлера можуть бути визначені лише за допомогою випробувань в аеродинамічній трубі.

Для оптимізації форми з урахуванням вимог аеродинаміки та естетики необхідні дуже велика детальна робота та численні критичні оцінки. Тому зрозуміло, що добрий стиль – це не лише майстерне формоутворення, а й, насамперед, постійна робота, на яку сильно впливають функціональні, технічні, технологічні, тимчасові фактори та які слід брати до уваги.

10.2 Опір повітря

Збільшення швидкості автомобіля в останні десятиліття призвело до зростання частки аеродинамічного опору в порівнянні з частками інших сил, таких як опір кочення та інерційний опір, що чинить опір руху автомобіля.

Опір повітря руху автомобіля фізично обумовлюють три наступні джерела:

- лобовий опір. Ця величина залежить від аеродинамічної форми, і її значення помітно змінюють різноманітні

деталі, такі, як автомобільні дзеркала. Величина аеродинамічного опору особливо залежить від форми задньої частини кузова, якою визначається ступінь турбулізації повітряного потоку, збуреного автомобілем;

- опір тертя. Ця величина для характерних, ретельно оброблених поверхонь, становить близько 10 % повного аеродинамічного опору;
- внутрішній опір, пов'язаний з проходженням повітряного потоку через радіатор системи охолодження двигуна та через систему вентиляції кузова автомобіля.

Повна сила опору руху автомобіля складатиметься з аеродинамічного опору, опору коченню та аеродинамічного опору обертанню коліс (рис.10.2).

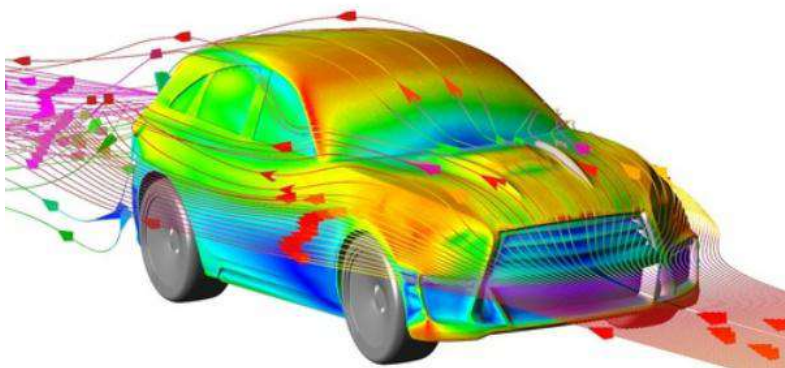


Рисунок 10.2 – Моделювання опору руху автомобіля у програмному комплексі FlowVision

Аеродинамічний опір обертанню коліс, що залежить від квадрата частоти їх обертання, слід враховувати лише за швидкості автомобіля вище 150 км/год. Для кузовів автомобілів, які працюють у нормальних умовах, їм нехтують.

Аеродинамічний опір складається з багатьох показників, а саме з опорів: тертя, внутрішнього, пов'язаного з проходженням повітря через систему охолодження двигуна та вентиляції кузова, профільного, індукційного. Повний аеродинамічний опір (в кгс) виражається відомим рівнянням:

$$P_x = C_x \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot F, \quad (10.1)$$

де C_x – безрозмірний коефіцієнт опору;

v - швидкість руху транспортного засобу, м/с;

ρ – щільність повітря, кг/м³;

F – умовна фронтальна площа, м².

Ретельне опрацювання профілю кузова дозволяє зменшити опір вдвічі. Потоки повітря повинні зберігати безперервність, не повинно відбуватися відриву пристінного шару та утворення таким чином завихрень. Індукційний опір (близько 8 %) викликається завихрення потоків повітря з боків кузова.

Нижні потоки мають відповідно до закону Бернуллі меншу швидкість і, отже, тиск у них більший, ніж у верхніх. Тому також потоки по краях кузова відхиляються назовні і, прямуючи до верхньої поверхні, де тиск менше, утворюють завихрення.

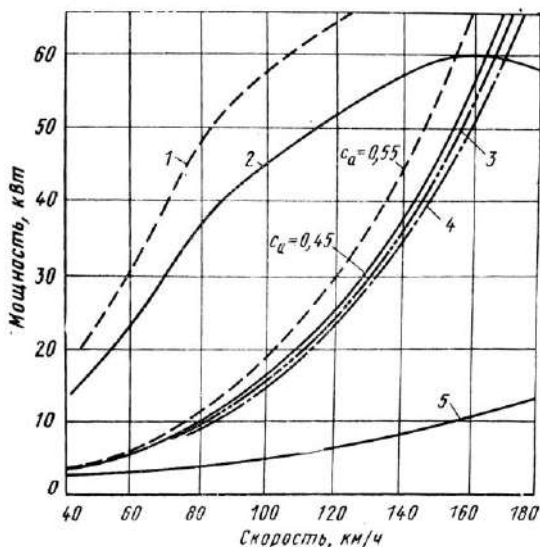
Щоб, отже, знизити індукційний опір, коефіцієнт підйомної сили кузова насамперед має бути малий. Опір тертя становить близько 10 % повного опору. Воно залежить від дотичних напруг, що викликаються впливом пристінного шару повітря на поверхні кузова. При малих дотичних напругах зберігається ламінарний перебіг потоків повітря, при великих рух повітря в пристінному шарі стає турбулентним. З цих міркувань слід вже під час проектування пред'являти високі вимоги до поверхні кузова. Тому отримання добре відполірованих лакофарбових покриттів – вимога, що впливає не тільки з естетичних міркувань, але й економічних.

Опір виступів (ручок, декоративних накладок тощо) – значно (приблизно 15 %). Воно залежить від таких елементів, як дверні ручки, дзеркала, антени, фірмові емблеми, декоративні накладки облицювання тощо, що виступають нижче за основу кузова частини шасі, наприклад осі, різні тяги, тросики і т.п.

Опір, що виникає під час проходження повітря через систему охолодження та вентиляції, становить понад 10 %. Прибирання непотрібних кутів та різних так званих аеродинамічних «кишень» дуже бажане. У високошвидкісних автомобілях відповідним напрямком потоків, що проходять через радіатор, можна не тільки значно зменшити опір, але навіть отримати додаткову силу

тяги. Добуток коефіцієнта лобового опору і площі фронтальної проекції автомобіля є для кожного автомобіля найважливішою змінною величиною (в авіації замість поняття фронтальної проекції широко використовують перетин міделя). Величина цієї характеристики може зменшуватися навіть зі збільшенням площі фронтальної проекції, якщо деталь, що виступає, закрити, наприклад, плавним обтічником.

Як впливають зміни коефіцієнта аеродинамічного опору на величину потужності, що витрачається, можна встановити за кривими, наведеними на рис.10.3.



- 1 – корисна вихідна потужність; 2 – витрата потужності;
- 3 – при знятому ущільнювачі вітрового скла;
- 4 – за відсутності двох дзеркал на крилах;
- 5 – опір коченню коліс

Рисунок 10.3 – Витрата потужності при різних коефіцієнтах лобового опору

Як очевидно з рис. 10.3, опір коченню коліс порівняно малий. Значна зміна витрачається потужності відбувається із зміною коефіцієнта аеродинамічного опору від 0,45 до 0,55.

Ще більший ефект досягається при знятті гумового ущільнювача вітрового скла, що виступає на 13 мм, і двох бічних дзеркал розміром 130х80 мм.

У літературі розглянуті різні зони кузовів звичайних автомобілів і зазначено великі можливості для зниження аеродинамічного опору в наступних зонах:

- решітка радіатора типу «утопленого чотирикутника»;
- капот із плавно змінним уздовж потоку верхнім поздовжнім контуром (деякі конструктивні форми таких капотів призводять до утворення повітряного потоку протилежного напрямку);
- місце розташування вітрового скла;
- декоративні накладки облицювання;
- дощові жолоби, а також «верхній вузол» задньої частини кузова, що зазвичай використовується для розміщення заднього вікна.

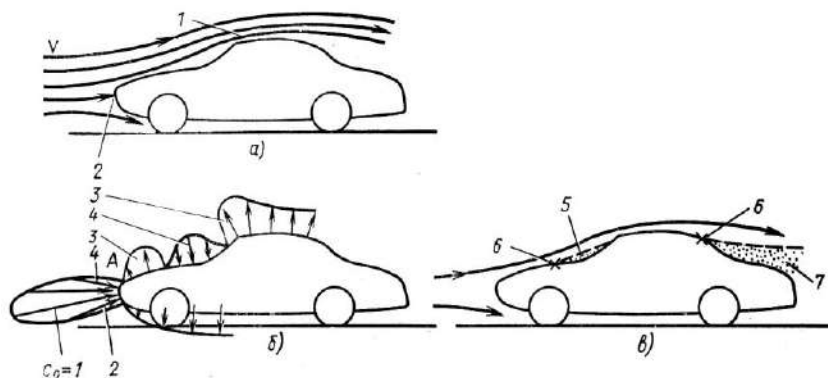
Потрібна ретельна оцінка параметрів повітряного потоку такої важливої зони як вхідний переріз радіатора. Потік, що проходить через нього, має відносно невелику швидкість і під час охолодження змінює свій тиск.

Бажана наявність високого тиску та малої швидкості на вході в радіатор системи охолодження, та низького тиску на виході з нього. Необхідно також, щоб швидкість повітряного потоку збільшувалася в порівнянні з тією, якою він володіє на вході в радіатор, щоб повітря поверталось в навколишній потік з вихідною швидкістю або з більш високою.

При проектуванні підкузовного простору рекомендується забезпечувати, можливо, більший зазор між низом кузова і дорогою, мінімально короткий поперечний проліт плоскої поверхні, максимально можливі радіуси закруглення контуру і невеликий нахил вниз до передньої частини конструкції днища в цілому. На рис.10.4 показаний поздовжній профіль автомобіля, у якій закритий вхідний канал радіатора.

Повітряний потік, наближаючись до кузова, розгалужується, завдяки чому забезпечується обтікання кузова. Місце, у якому відбувається поділ потоку, називається застійною зоною. Як показано на рис. 10.4 б тиск повітряного потоку обтікає кузов, змінюється. Зі збільшенням швидкості повітряного потоку над

дахом відбувається падіння тиску, у результаті утворюється зона розрідження. І навпаки, на ділянці перед вітровим склом струмені повітряного потоку відриваються, і через малу швидкість створюється надлишковий тиск.



- 1 – збільшення швидкості потоку; 2 – застійна зона;
 3 – зона розрідження; 4 – надлишковий тиск;
 5 – повітряний міхур; 6 – зрив потоку; 7 – супутній слід

Рисунок 10.4 – Схема обтікання та розподіл тиску
 у типового автомобіля з кузовом седан

Починаючи з застійної зони, повітряний потік розганяється вздовж викривленого контуру передньої частини, і в результаті цього тиск падає, доки не досягне значення атмосферного тиску в точці А.. Лобовий опір є результуючою горизонтальних складових елементарних сил, що діють уздовж контуру розподілу тиску. Величина цих сил швидко падає із віддаленням від застійної зони; звідси ясно, що значення лобового опору найбільшою мірою визначається формою передньої частини. Слід ретельно уникати утворення різноманітних аеродинамічних кишень, що захоплюють повітря. Необхідно плавно округляти плоскі поверхні, такі як елементи кріплення фар.

Зниження лобового опору можна досягти зменшенням, розміру супутнього струменя, тобто частини нерозділеного повітряного потоку, розташованого за задньою частиною кузова.

У той час як гладкий профіль крила літака плавно омивається

потокот повітря від передньої до задньої кромки, погано обтічний профіль кузова автомобіля, неминуче викликає збурення потоку і його турбулентність. Хоча потік залишається безвихровим, шар повітря прилипає до кузова поблизу тонкого прикордонного шару, потім зноситься назад, доки його швидкість не зрівняється зі швидкістю основного потоку.

При цьому виникають дотичні сили в'язкого тертя, що складаються з силами опору повітря, щоразу, коли відбувається збурення плавного потоку нерівностями поверхні або іншими елементами, що збурюють. Різкі порушення контуру поверхні можуть викликати зрив потоку, який є причиною завихрення супутнього струменя.

Коли потік досягає, наприклад, краю вітрового скла, він загальмовується, що призводить до зростання тиску, внаслідок чого відбувається зрив потоку. У цьому окремому випадку, ймовірно, далі за течією відбувається повторне приєднання потоку, що відірвався, і утворення повітряного міхура перед вітровим склом як це показано на рис 10.4 в.

Необхідно вживати заходів щодо утримання прикордонного шару вздовж більшої частини контуру кузова. Плавна зміна кривизни може забезпечити безвідривне обтікання до задньої частини автомобіля. Важливо пам'ятати, що автомобіль має просторову форму, тому кузов обтікається як з боків, так і зверху.

Надання бічним вікнам седана відповідного нахилу всередину, не тільки сприятиме змішуванню потоків повітря в околиці вітрового скла, але й дозволить повітряному потоку, що омиває бічні сторони кузова, знести ближче до задньої частини автомобіля точку зриву потоку. З розвитком форм кузова автомобілів значно змінювалися значення коефіцієнтів повного аеродинамічного опору (рис.10.5).

Характерним є погіршення аеродинамічних властивостей кузовів автобусів прямокутних форм. Оскільки такі форми переважно у міських автобусів, це істотного значення немає з урахуванням, що максимальна швидкість їх становить 70-80 км/год. Однак це важливо для автобусів далекого сполучення, що рухаються із постійною швидкістю 110-120 км/год.

Погіршення аеродинамічних властивостей характерно також для легкових автомобілів популярної у свій час форми «понтон».

Дуже хороші результати виходять за монолітної форми середнього та заднього відсіків автомобіля, а також у випадку спортивних автомобілів. Важливе значення для аеродинамічного опору має контур верхньої частини кузова.

Відношення аеродинамічного опору до опору кочення коліс суттєво впливає на аеродинаміку кузова. Ці опори зрівнюються вже за швидкості близько 60 км/год.

Вище цієї швидкості вирішальну роль грає прогресуючий аеродинамічний опір, що перевищує 100 кгс. Проблема кузова гоночного автомобіля є дискусійною.

Різниця сил аеродинамічного опору, за результатами досліджень фірми Mercedes-Benz, не така значна, щоб можна було компенсувати недоліки розширеного кузова, що погіршує умови охолодження коліс і гальм.

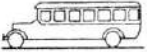
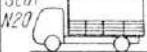
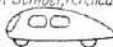
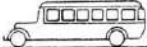
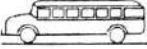
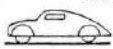
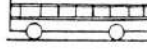
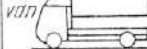
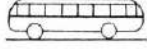
Легковые автомобили				Автобусы	C_x	Грузовые автомобили	C_x
серийные	C_x	экспериментальные	C_x				
	0,95		0,25		0,80		0,65
	0,82		0,20		0,75		0,70
	0,56		0,26		0,56		0,65
	0,40		0,22		0,55		0,55
	0,45		0,23		0,40		

Рисунок 10.5 – Різні форми автомобілів та відповідні їм значення коефіцієнта аеродинамічного опору

10.2.1 Аеродинамічна стійкість

Необхідно розглянути стійкість при крені, поздовжній хитаві та нищпоренні. Стійкість при крені можна забезпечити, якщо домогтися розташування центру тиску (точка докладання рівної бічної сили вітру), близько до поздовжньої осі автомобіля.

Невеликі відхилення від такого ідеального розташування

допустимі, якщо при цьому не порушується керованість автомобіля при крені. Значення поздовжнього моменту, що призводить до зміни навантаження колес зі збільшенням швидкості, визначається розподілом підйомних сил, що діють на автомобіль. Хвостовий закрилок, який використовується для створення верхнього контуру стабілізатора, що знижує аеродинамічний опір, викликає негативну підйомну силу на задніх колесах, що може сприяти збільшенню поздовжньої стійкості автомобіля.

Автомобілями з малою масою, у яких центр мас зміщений до задньої частини, важче керувати, крім того, вони чутливі до нульової або невеликої негативної підйомної сили, що виникає в передній частині кузова. Одним з можливих ефективних заходів, можливе зниження передньої частини, що еквівалентно зміні кута атаки профілю крила літака.

Верхня поверхня кузовів автомобілів, що мають клиноподібну конфігурацію, забезпечує негативний кут атаки, внаслідок чого аеродинамічна сила спрямована вниз. Крім того, нижня частина кузова та поверхня дороги утворюють свого роду трубку Вентурі, що збільшує ефект підсмоктування, що призводить до зростання розрідження.

Однак у автомобілів з дуже низько розташованим кузовом виникає турбулізація потоку зі складною інтерференцією прикордонних шарів при зменшенні середньої швидкості повітряного потоку і збільшення тиску, що створює загальну підйомну силу. Тому на гоночних автомобілях застосовують пристрої для створення негативної підйомної сили.

Стійкість при нищпоренні є, ймовірно, найважливішою характеристикою для автомобіліста, так як нею буде визначатися величина корекції положення рульового колеса, яка буде потрібна при поперечних поривах вітру. Якщо результуюча сила поперечного вітру проходить через центр нейтральної поворотності, автомобіль зберігатиме напрямок свого руху і відхилятиметься вбік.

Якщо результуюча сила поперечного вітру проходить попереду зазначеної точки, стійкість втрачається. В ідеальному випадку напрямок дії цієї сили має проходити ззаду центру нейтральної поворотності. Слід уникати утворення гострих

кромок у кузова, тому що вони викликають різку зміну тиску, яка додатково може бути посилена наявністю бічних жолобів, що в результаті змінює повертаючий момент.

10.3 Аеродинамічно досконала форма кузова

Форма кузова повинна забезпечувати якнайменший опір повітря і в той же час аеродинамічну стійкість автомобіля. Під час перших дослідів, проведених професором В. Каммом, передня частина моделі автомобіля була ретельно заокруглена, а задня – подовжена настільки, щоб не допустити зрив з неї повітряного потоку.

Ця крапліподібна форма показана штриховою лінією на рис. 10.6 а, де також зображена форма кузова автомобіля, отримана з крапліподібної з невеликими змінами лобової та хвостової частин для зменшення довжини автомобіля та оглядовості.

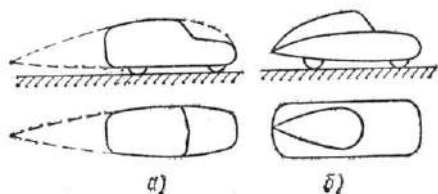


Рисунок 10.6 – Форма обтічного кузова
(а – за В. Каммом; б – за П. Джереем)

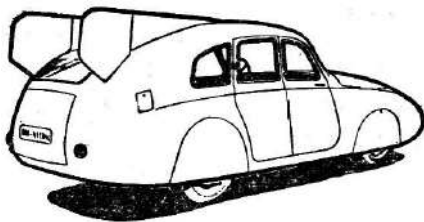


Рисунок 10.7 – Кузов В. Камма
з двома крилами – кермами

Зовнішній вигляд автомобіля в результаті значно погіршився і тому керма залишилися лише на прототипах. Більшого збільшення бічної поверхні досягав кузов, виконаний за патентом П. Джерея, за рахунок використання нижньої частини у формі

крила, а верхньої – у формі симетричної, витягнутої в горизонтальній проекції краплі (рис. 10.6, б).

Більш привабливий зовні цей кузов був забезпечений вертикальним крилом, розташованим посередині. Такі кузова було випробувано на кількох спортивних автомобілях. Для забезпечення аеродинамічної стійкості при бічному вітрі необхідно було збільшити бічну поверхню за рахунок двох кермів управління, як це показано на рис. 10.7.

Підприємством «Татра» було розроблено власний варіант кузова для автомобіля «Татра-87», який забезпечив дуже добрий коефіцієнт $C_x=0,32$. Ці автомобілі із невеликими змінами випускалися 20 років (рис. 10.8). Вимоги до аеродинамічних властивостей кузова постійно зростають.



Рисунок 10.8 – Аеродинамічний кузов автомобіля «Татра – 87»

Повинні бути забезпечені і низький опір повітря, і стійкість при боковому вітрі. Необхідно, щоб рівнодіюча аеродинамічних сил, що діють на кузов, розташовувалася якомога ближче до центру тяжіння автомобіля або осі автомобіля, що проходить через нього. Якщо бічна сила діє по осі, автомобіль лише злегка зсувається, але не повертається.

Якщо рівнодіюча аеродинамічних бічних сил проходить попереду осі, автомобіль повертається у напрямку вітру, тобто він аеродинамічно нестійкий.

Якщо рівнодіюча прикладена ззаду осі, то автомобіль повертається проти напрямку вітру, але оскільки одночасно він продовжує рух уперед, то через певний час, за який водій поворотом керма забезпечує збереження напрямку руху, машина повертається у вихідне (по русі) положення.

Перша реакція на бічний удар вітру – автоматична, без дії водія. При ньому автомобіль повертається та починає рухатися під кутом до осьової лінії дороги. Водій має достатньо часу для впливу на кермо і тому можна вважати такий автомобіль аеродинамічно стійким.

У добре обтічних кузовів рівнодіюча аеродинамічна сила прикладена зазвичай у передній частині автомобіля, і, отже, якщо центр тяжіння в задній половині, то автомобіль аеродинамічно нестійкий. Цьому, однак, перешкоджає велика бічна площа задньої частини, наприклад, як у автомобілів із вантажопасажирським кузовом типу «універсал». Автомобілі з малим ухилом даху, що мають ще й округлену задню частину, схильні до аеродинамічної нестійкості.

Ухил задньої частини даху має бути невеликим, щоб потік повітря не відривався від кузова. Тому дах з малим ухилом задньої частини вигідніший, а в місцях, де відбувається відрив потоку повітря, кузов необхідно завершити вертикальною стінкою. Опір повітря у цій частині можна знизити за допомогою спойлера, як показано на рис. 10.9.

При використанні кузова такого типу виникають проблеми із забезпеченням заднього огляду, особливо якщо ухил задньої частини даху невеликий. При усуненні заднього вікна водій отримує інформацію про стан руху ззаду тільки за допомогою дзеркал заднього виду, які розташовані на передніх крилах або

боковинах передніх дверей. Але ці елементи значно збільшують аеродинамічний опір автомобіля. Задні спойлери сприяють підвищенню сталості машини.



Рисунок 10.9 – Кузова із задніми спойлерами

Для збереження хорошої керованості автомобіля дуже важливі навантаження на передню та задню підвіски. Приблизно їх можна встановити за розподілом маси автомобіля на осі. Однак певне значення має і аеродинамічне навантаження підвісок.

Аеродинамічне навантаження забезпечує можливість перенесення більшої сили з шин на поверхню дороги, в першу чергу при прискоренні, що важливо для збереження його

керованості. Аеродинамічне навантаження на приводну вісь важливе, перш за все, для гоночних автомобілів, так як це покращує динаміку розгону та сприяє підвищенню швидкості проходження поворотів.

При аеродинамічному навантаженні осей під час гальмування, опір спойлера допомагає цьому процесу, розвантажує гальма коліс, зменшуючи їх нагрівання і, відповідно, нагрівання шин. Від гоночних автомобілів спойлери перейшли на серійні моделі автомобілів спортивного типу.

У деяких гоночних автомобілів кут нахилу спойлер можна змінювати під час руху, тобто він діє як кермо висоти у літака. Якщо необхідно збільшення навантаження на вісь, то кут нахилу спойлера зменшується. Спойлером можна знизити аеродинамічний опір автомобіля, а також його опір коченню, оскільки воно залежить від сили, що притискає колесо до дороги.

Передня підвіска повинна забезпечувати хорошу керованість автомобіля на великих швидкостях. Це не завжди вдається, особливо при заокругленому і високо піднятому капоті. Так само, як і на профілі крила літака, над капотом виникає зона зниженого тиску і тим самим навантаження на передню вісь зменшується.

Це розвантаження осі на великій швидкості може досягти такої величини, що автомобіль перестане реагувати на керування. Тому передні частини у швидкісних автомобілів роблять низькими та довгими, що піднімаються до лобового скла під малим кутом.

Отже, кузов автомобіля істотно впливає на досягнення мінімальних величин опору руху, але при цьому він повинен забезпечувати безпеку, комфортні умови для водія та пасажирів і, крім того, кузов як би представляє автомобіль, це його одяг.

Передові художники-конструктори з кузовів повинні постійно підвищувати не лише свій творчий рівень, а й розширювати технічні знання, тому що кузов в даний час – не тільки твір художника, а є найважливішим технічним елементом сучасного автомобіля, у конструкції якого потрібно враховувати всі досягнення науково-технічного прогресу, що сприяють підвищенню економічності автомобіля.

Одним із найвідоміших конструкторів кузовів є П. Фаріна, який збудував власну аеродинамічну трубу. Для підтримки його

робіт італійський дослідницький клуб CNR замовив у П. Фаріна розробку та виготовлення прототипу кузова автомобіля середнього класу з мінімальним аеродинамічним опором та відповідною йому низькою витратою палива, придатного для масового виробництва. Кузов повинен бути аеродинамічно стійким, забезпечувати розміщення водія та чотирьох пасажирів, двигуна та агрегатів, а також мати великий багажник.

Перш за все, шукалася форма кузова, який на малій відстані від землі мав би найменший коефіцієнт C_x і при цьому до кузова не були б прикладені жодні вертикальні результуючі сили. Ця форма кузова розроблялася без урахування коліс, розміщення двигуна та інших силових агрегатів.

В результаті було знайдено оптимальну форму кузова, який при розміщенні поблизу землі мав найменший з відомих коефіцієнт аеродинамічного опору $C_x=0,049$. Потім до кузова були прикріплені колеса, що вплинуло на аеродинаміку. Колеса, при вимірі не оберталися, поверхня підлоги також була нерухома. Це звичайний спосіб, який використовується при вимірах опору автомобіля в аеродинамічній трубі.

Масштаб продуваного макета становив 1:1. Після ретельного доведення був досягнутий коефіцієнт $C_x=0,16$, що є найменшим з усіх значень, отриманих до теперішнього часу для автомобілів та їх макетів з колесами.

Характерним показником гарного аеродинамічного рішення кузова автомобіля є швидкість повітря, при якій опір коченню дорівнює аеродинамічного опору. Для автомобілів, що розроблялися в 70-ті роки XX ст. ця швидкість становила 50-60 км/год. Для автомобіля з кузовом «Пінінфаріну», на той час ця швидкість була близько 90 км/год.

Остаточна форма кузова автомобіля повинна відповідати правилам дорожнього руху в різних країнах, включаючи розміщення фар, бамперів, номерних знаків, а також відповідати вимогам щодо випробувань на безпеку.

П. Фаріна відкидає різні спойлери і стверджує, що вони служать лише цілям усунення недоліків або помилок при проектуванні аеродинамічної форми кузова.

Форма кузова показана на рис. 10.10, дуже незвичайна і нагадує дельфіна у стрибку.



Рисунок 10.10 – Кузов автомобіля з мінімальним аеродинамічним опором Pininfarina CNR-PF

У останнього варіанта кузова передня та задня частини були змінними. Розміри моделі становили в мм:

Довжина	4 200-4 500
Висота	1 370
Ширина	1 680
База	2 250
Колія:	
Попереду	1 400
Ззаду	1 390
Об'єм багажника, дм	440

Передбачено чотиридверний варіант кузова. Передбачається, що двигун та приводний міст також розміщені у передній частині. Автомобіль має незалежну підвіску передніх та задніх коліс. Колеса виконані у вигляді суцільних дисків, причому передні закриті обтічниками. Досвід показує, що коефіцієнт C_x у реальних автомобілів на 10-20 % вищий, ніж у їх макетів, так як на останніх відсутні деталі підвіски, ручки дверей, замки та ін.

Через склепінчасту форму підлоги коефіцієнт C_x погіршився на 45 %, т.е. досяг значення $C_x=0,23$. Це становить приблизно половину C_x сьогоdnішнього середнього автомобіля та відповідає зниженню споживання ним палива на 15-20 %.

10.4 Спойлери

Спойлери почали застосовувати насамперед на гоночних автомобілях для збільшення зчпного зусилля коліс, зберігаючи при цьому масу автомобіля.

Для пояснення механізму дії спойлерів, незалежно від того, де вони встановлені, можна використовувати досліди Ф. Шенкеля з фірми Дженерал Моторс, результати яких були повідомлені на конгресі SAE в Детройті.

В експериментах визначалася зміна навантаження на передній та задній мости, залежно від висоти спойлера h . Розміри переднього спойлера наведено на рис. 10.11.

Спойлер являє собою поперечний лист довжиною 1105 мм, розташований на відстані 635 мм від передньої осі. Висота h означає відстань від нижньої кромки спойлера до днища кузова.

Графік, наведений на цьому малюнку, показує зміну ΔC_p від розміру h у порівнянні з варіантом без спойлерів, причому коефіцієнт F характеризує ступінь аеродинамічної навантаженості осі автомобіля:

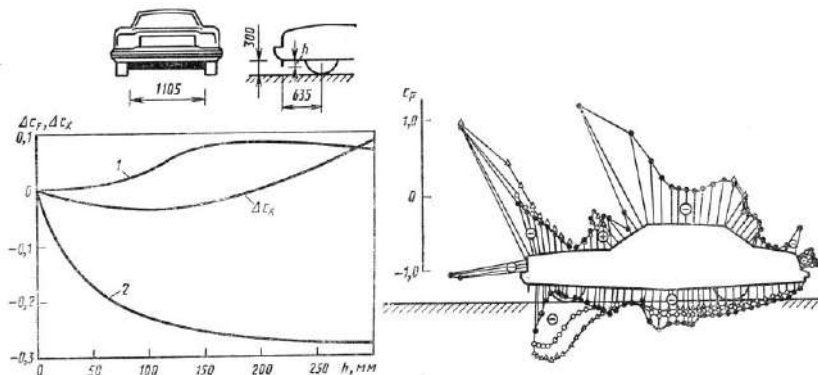
$$C_f = \frac{F}{A \left(\frac{\rho}{2} \right) \cdot v^2}, \quad (10.2)$$

де F – сила (навантаження) на передню або задню вісь;

A – лобова поверхня автомобіля, m^2 ;

ρ – щільність повітря, kg / m^3 ;

v – швидкість автомобіля, км/год.



1 – задня вісь; 2 – передня вісь;

ΔC_x – зміна коефіцієнта аеродинамічного опору;

ΔC_f – зміна коефіцієнта аеродинамічного розвантаження,
 C_p – відносна зміна аеродинамічного тиску.

Рисунок 10.11 – Вплив переднього спойлера на аеродинамічну навантаженість осей автомобіля

Зміну цих параметрів на рис. 10.11 показано залежно від h . Коефіцієнт аеродинамічного опору C_x спочатку (до $h = 100$ мм) знижується, а потім знову зростає.

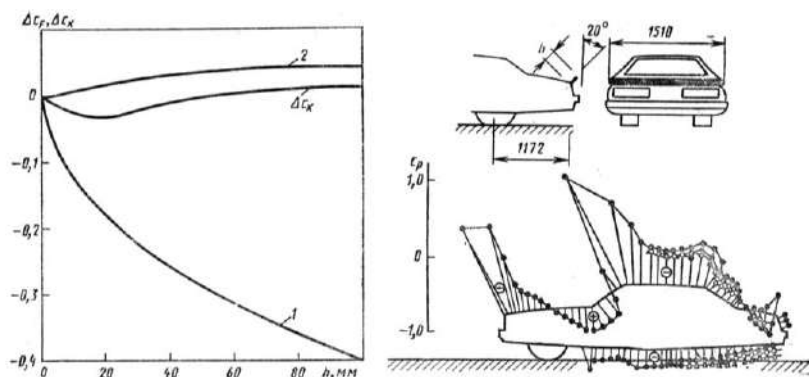
Коефіцієнт аеродинамічного розвантаження передньої осі ΔC_f безперервно зменшується до граничного значення $h=300$ мм, коли спойлер висунутий майже до поверхні дороги. Коефіцієнт аеродинамічного розвантаження задньої осі до $h=150$ мм зростає, а далі не змінюється.

Перш ніж використовувати передній спойлер, необхідно уточнити, чого можна досягти з його допомогою. Насамперед – це збільшення притискання передньої осі до поверхні дороги з метою забезпечення хорошої керованості автомобіля. На зниження аеродинамічного опору такий спойлер дуже мало впливає. Багато що, звичайно, залежить від виконання спойлера та його поєднання, що вписується у форму кузова. Зниження аеродинамічного опору полягає головним чином у тому, що зменшується його кількість, що продувається під автомобілем.

Зменшена швидкість протікання повітря за дуже нерівним днищем кузова надає вирішальний вплив на зниження опору повітря. З цієї точки зору також цікавим є зображений на рис. 10.11 розподіл тиску повітря на поверхні кузова та напрямки його зміни. Величини тиску повітря поверхні кузова автомобіля без спойлера позначені чорними точками, а напрями аеродинамічних сил ілюструються нахилом ліній до поверхні кузова. У колах позначено, чи йдеться про надмірний тиск (плюс) або про розрідження (мінус).

Головним призначенням переднього спойлера є зниження тиску під кузовом у передній частині автомобіля. Величини тиску при висуванні спойлера позначені світлими кружками та трикутниками. Збільшення розрідження в передній частині автомобіля спостерігається до половини його довжини, потім зменшується, що сприяє збільшенню навантаження на передню вісь. У задній частині автомобіля зміни при цьому незначні.

Аналогічна картина має місце при використанні спойлерів у задній частині автомобіля. Розміри та вплив спойлерів показані на рис. 10.12.



1 – задня вісь; 2 – передня вісь;

ΔC_x – зміна коефіцієнта аеродинамічного опору;

ΔC_f – зміна коефіцієнта аеродинамічного розвантаження,

S_r – відносна зміна аеродинамічного тиску.

Рисунок 10.12 – Вплив заднього спойлера на аеродинамічну навантаженість осей автомобіля

І в цьому випадку опір спочатку дещо знижується, а починаючи з $h=20$ мм – збільшується. При цьому аеродинамічне розвантаження передньої осі мало залежить від перерозподілу тисків, що виникає. При цьому найбільший вплив спойлери роблять на притискання задньої осі до дороги і збільшення зчіпного зусилля коліс. Розподіл тиску повітря на поверхні кузова показаний у нижній частині рис. 10.12.

Для простоти на ньому не наводяться значення тиску передньої частини кузова, які практично незмінні. Задній спойлер дещо підвищує тиск у місці його розміщення та збільшує розрідження під задньою частиною автомобіля.

Місця на кузові, де є підвищений тиск, вигідно використовувати для забору повітря з метою забезпечення вентиляції та опалення. У місцях розрідження слід розміщувати отвори для відведення повітря із кузова. Тим самим забезпечується проходження повітря через внутрішній об'єм кузова без примусової вентиляції, хоча при цьому і погіршується коефіцієнт C_x .

Вплив спойлерів на споживання палива проявляється по-різному. Воно невелике для аеродинамічно добре спроектованих і більш значуще для погано обтічних кузовів. Як середнє значення оцінки цього впливу можна було б прийняти поліпшення коефіцієнта C_x , досягнуте при використанні переднього спойлера на автомобілі «Остін Алегро BL», у якого зміна C_x від 0,44 до 0,40 призвела до зниження витрати пального на 11 %.

Для довідки доцільно навести кілька значень коефіцієнта C_x різних автомобілів. Середнє значення C_x для моделей автомобілів 1980 дорівнює 0,46; у «Ауді-100» – $C_x = 0,42$; «NSU Ro-80» – 0,37; «Форд Фіеста» – 0,42; «Форд Гранада» – 0,435.

Цікавий процес розробки та застосування ґрат перед радіатором у автомобілів «Форд Капрі» та «Форд Гранада» (ФРН), показаний на рис. 10.13. Зазвичай при великій швидкості автомобіля радіатор обтікає більше повітря, ніж потрібно для охолодження.

Розмістивши перед радіатором спрямовуючу решітку з профілем шторок у вигляді лопаток турбіни, досягли наступного: при малих швидкостях автомобіля через решітку протікає більше повітря (рис. 10.13, а), ніж на великих, коли напрямна решітка

відхиляє потік повітря, що набігає вгору і він обтікає капот (рис. 10.13, б).

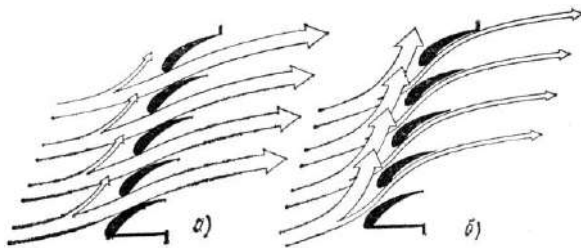


Рисунок 10.13 – Течія повітря через спрямовуючу решітку перед радіатором автомобілів «Форд» при малих (а) та великих (б) швидкостях руху автомобіля

Конструкторам фірми «Гіа» вдалося досягти при створенні спортивного варіанта кузова автомобіля «Форд Фіеста» коефіцієнта $C_x = 0,38$.

Ретельне опрацювання деталей кузова автомобілів «Мерседес-Бенц» серії S дозволило покращити коефіцієнт C_x на 14%: від $C_x = 0,37$ до $C_x = 0,36$. Одним із прикладів було виготовлення скла задніх ліхтарів з поздовжнім орєбренням, що забезпечило краще обтікання повітрям і меншу їх забруднюваність під час руху.

У американського автомобіля «Крайслер» малого класу коефіцієнт C_x був покращений з 0,46 до 0,41, на автомобілях «Рено R-14» та «Фольксваген Гольф» вдалося отримати $C_x = 0,42$; на італійському «Фіат Рітмо» – 0,44. Одного з найкращих значень цього показника досягли французькі фахівці на автомобілі «Сітроен CX», у якого $C_x = 0,30$. Автомобіль «Ровер 3500» (Англія) має $C_x = 0,32$.

Ще один приклад аеродинамічного покращення форми кузова шляхом ретельного опрацювання його деталей показаний на рис. 10.14.

Зміною оформлення кузова (послідовність стадій показано на малюнку зліва направо) було досягнуто покращення C_x на 15 %. Спочатку шляхом заокруглення оперення було усунуто зрив потоку повітря з капота, що дозволило поліпшити C_x на 16 %.

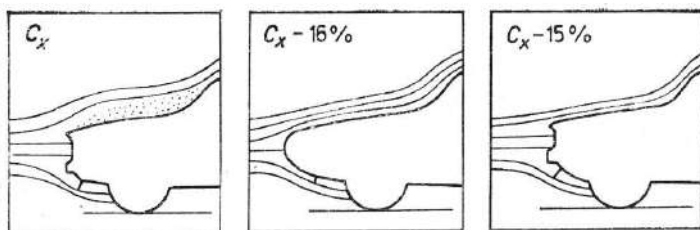


Рисунок 10.14 – Покращення коефіцієнта аеродинамічного опору C_x кузова автомобіля «Фольксваген» зміною форми оперення кузова

Були випробувані п'ять видів заднього спойлера і обраний варіант з мінімальною висотою 40 мм, що забезпечив зниження C_x з 0,41 до 0,378, а коефіцієнта аеродинамічної навантаженості задньої осі – з 0,25 до 0,19.

10.5 Розподіл тиску для кузова вагонної компоновки

Всі перераховані вище аеродинамічні дослідження в основному стосувалися кузовів класичної компоновки. Кузови вагонної компоновки, що підкоряються загальним принципам аеродинаміки, відрізняються лише розподілом тисків на зовнішні поверхні. Ці відмінності значні і заслуговують на увагу з урахуванням дедалі більшого застосування економічної вагонної компоновки не тільки для автобусів і розвізних автомобілів, де це стало правилом, але і для вантажних автомобілів, а також і для легкових.

Кузови вагонного компонування можуть мати округлу або прямокутну форму. Хоча розподіл тисків є однаковим для обох різновидів форми, є істотна різниця у величині тисків (рис.10.15).

Найбільший надлишковий тиск діє на передній стінці кузовів обох форм на рівні, що дорівнює половині висоти стінки. Негативні тиски розподіляються по-різному: найменший тиск припадає в кузовах округлої форми на передню частину даху, а прямокутної форми – на передню частину боковин.

Характерною відмінністю є те, що при боковому вітрі зміна розподілу тисків для округлої форми кузова дуже невелика, а для прямокутної – дуже значне.

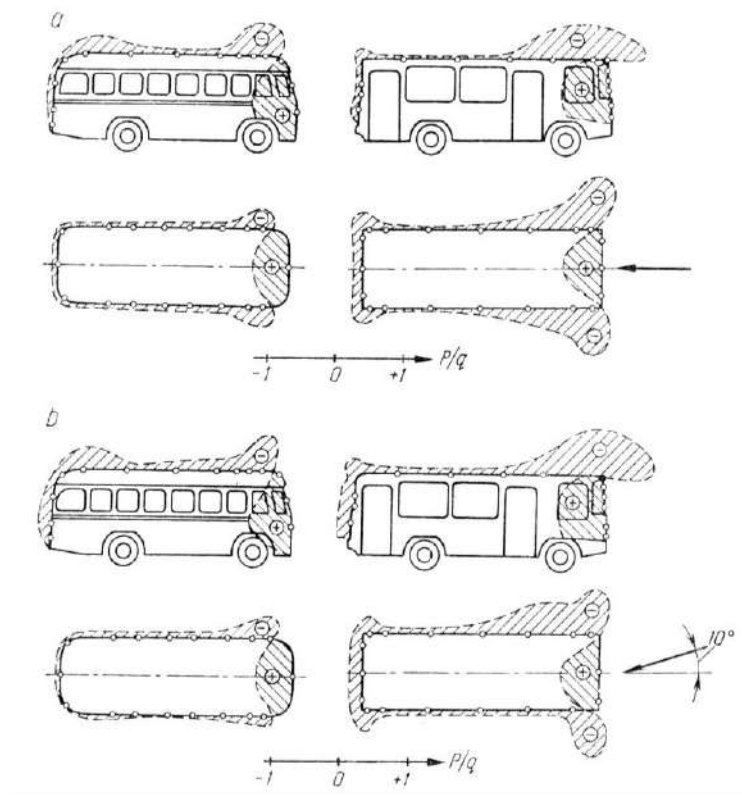


Рисунок 10.15 – Розподіл тисків повітря для автобусних кузовів обтічної форми (ПАЗ-672) та прямокутної форми (ПАЗ-665)

Прямокутна форма кузова вагонного компонування особливо невигідна щодо аеродинамічного опору S_x .

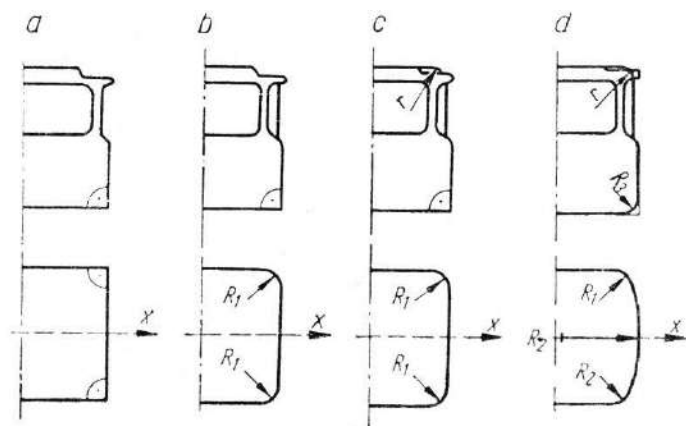
Якщо з цим ще можна миритися при невеликих швидкостях руху міського автобуса, то для автобуса далекого прямування це неприйнятно з економіко-експлуатаційних міркувань (необхідну швидкість руху 110-120 км/год можна забезпечити лише за умови встановлення двигуна великої потужності, що викличе підвищену витрату палива).

Аеродинамічний опір знижується за рахунок навіть невеликих заокруглень кутів та кривизни поверхні (рис.10.16).

Внаслідок цих заходів можна на 30-40% зменшити аеродинамічний опір.

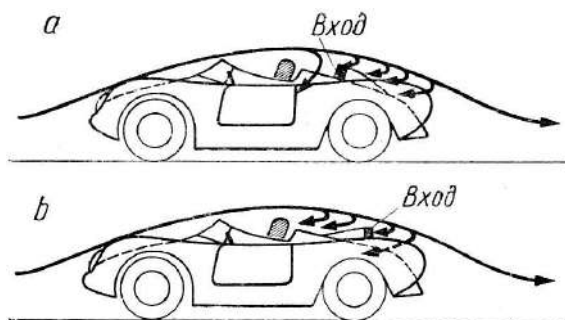
До частковостей аеродинамічної форми кузова в першу чергу слід віднести входи і виходи повітря, а також напрямні його потоків. З урахуванням природного розподілу тиску повітряного потоку поверхні кузова, входи повітря розміщують у зоні надлишкового тиску, а виходи – там, де переважає розрідження. Особливо у разі розміщення двигуна ззаду проблема входу повітря набуває великого значення. При виборі входу повітря слід зважати на природні потоки повітря вздовж кузова (рис.10.17).

Зважаючи на завихрення потоку, набагато вигідніше, щоб вхід був направлений назад. На бічних стінках можна передбачати лише виходи, оскільки у цих зонах зазвичай переважає розрідження. Так звані бічні кишені не можуть засмоктувати повітря із навколишньої атмосфери, як це зазвичай припускають. Вони виконують прямо протилежну роль: відсмоктують повітря.



- а – прямокутної форми; б – із закругленими вертикальними кутами;
 з – із заокругленою передньою частиною даху;
 д – з криволінійною в плані, передньої стінкою
 і зі скругленою її нижньою частиною

Рисунок 10.16 – Варіанти кузова автобуса ПАЗ-665
 (надані в послідовності, що відповідає
 покращенню аеродинамічних властивостей)



- а – спрямований вперед, не використовується природний напрямок завихрень;
 б – спрямований назад, використовується природний напрямок завихрень

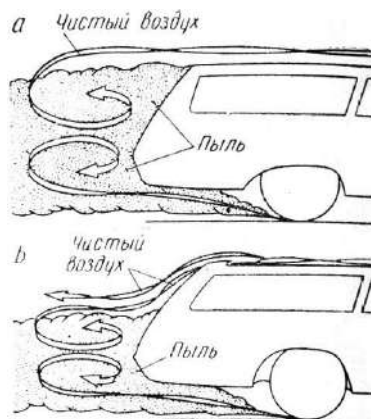
Рисунок 10.17 – Вхід повітря в систему охолодження двигуна, розміщеного ззаду

Якщо хорошої аеродинаміки при розташуванні моторного відсіку спереду досягти, як правило, нескладно (великий надлишковий тиск у зоні входу повітря), то при розміщенні двигуна ззаду це питання вимагає, якщо не досліджень, то дуже ретельного опрацювання.

Спеціальні виштамповки відповідної форми по зовнішній поверхні кузова або додаткові елементи можуть виконувати дуже важливу роль напрямних потоків повітря. Наприклад, неширокий щиток у задній частині даху відхиляє потік повітря, спрямовуючи його до заднього вікна (рис.10.18).

Цей потік, обтікаючи вікно зверху донизу, зменшує запилення скла, внаслідок чого покращується оглядовість назад.

Фактично потоки повітря, які повинні обтікати заднє скло, нерідко розсіюються, не доходячи до нього. Те саме стосується і потоків, призначених для обігріву ніг пасажирів на задньому сидінні. Ефективним рішенням є проектування додаткових вентиляційних отворів та напрямних у задній частині кузова (рис.10.19). Важливим фактором є наявність інформації про розподіл та напрямок потоків повітря на поверхні кузова. Це дуже допомагає під час вибору правильної форми кузова (рис.10.20).



а – звичайного з гладким дахом;
 б – із фасонною задньою частиною даху
 для надання потокам повітря потрібного напрямку

Рисунок 10.18 – Обтікання кузова потоками повітря

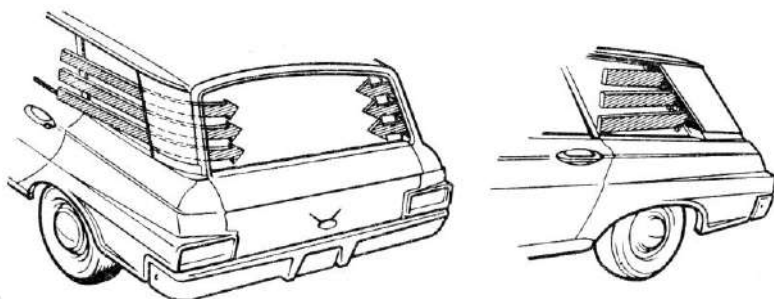


Рисунок 10.19 - Аеродинамічні напрямні
 потоків повітря автомобіля Ford «Mercury»

10.6 Аеродинаміка внутрішньої частини кузова

Правильна циркуляція потоків повітря всередині кузова є основною умовою хорошої вентиляції. При цьому повітря поступає через спеціальні сопла і далі прямує у відповідні зони інтер'єру. Теоретично потоки повітря всередині легкового автомобіля повинні розподілятися так, щоб забезпечувалося обтікання повітрям переднього та заднього скла, а також передніх дверей та ніг водія і пасажирів (рис.10.21).



Рисунок 10.20 – Визначення в аеродинамічній камері напрямків повітряних потоків, що обтікають поверхню автомобіля Mercedes-Benz CLA купе 2019

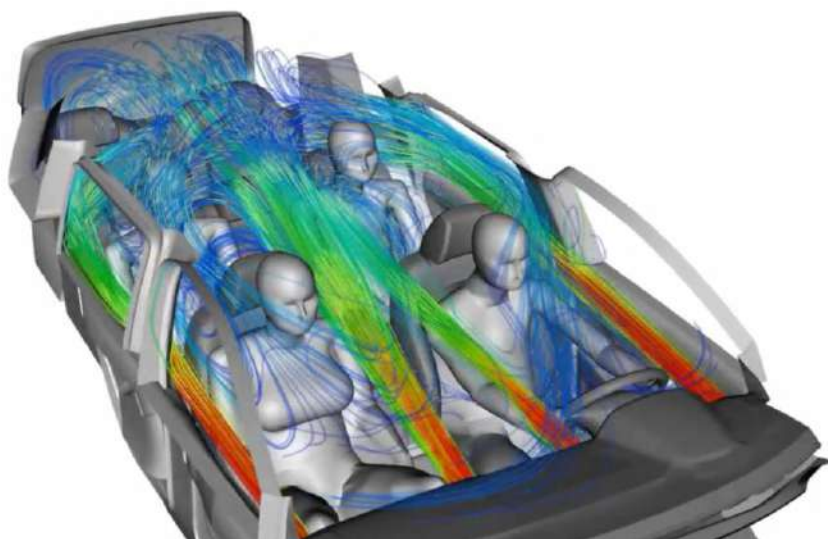


Рисунок 10.21 – Моделювання напрямку потоків повітря всередині кузова легкового автомобіля Mercedes-Benz GL

Проте всередині більшості кузовів легкових автомобілів потоки настільки ідеально не розподіляються, тому що цьому перешкоджають сидіння, поперечні піднесення підлоги кузова і т.п.

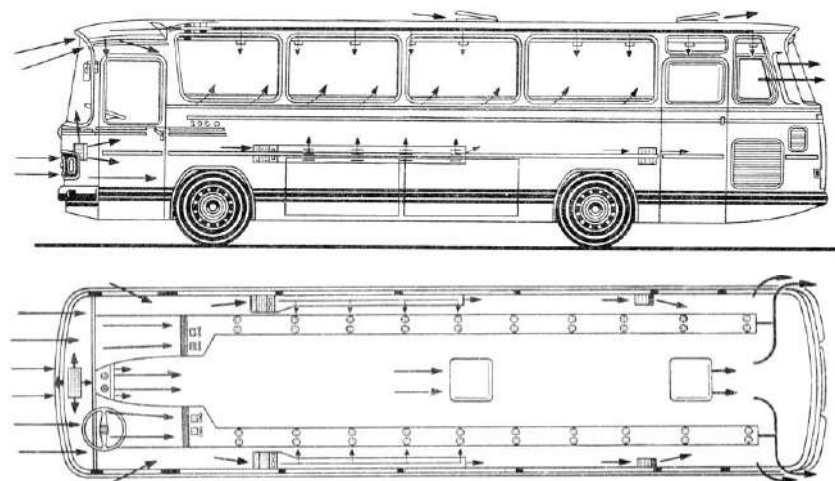


Рисунок 10.22 – Рух потоків повітря всередині
кузова автобуса Mercedes-Benz O 302R

У внутрішній частині кузова автобуса забезпечується правильний перебіг потоків повітря внаслідок наявності

численних повітроводів та напрямних, а також використання примусової циркуляції (рис.10.22).

Система, що має щонайменше кілька каналів, що розподіляють потоки, є основним фактором правильної аеродинаміки. Внутрішня частина кузова автобуса порівняно із зовнішньою формою автомобіля, що піддається численним вичерпним аеродинамічним дослідженням, вивчена набагато менше.

11 БЕЗПЕКА КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

Законодавчі норми та результати досліджень все більше визначають конструкцію кузова, а іноді навіть змушують переглядати схему кузова.

Екстремальні вимоги з безпеки технічно можуть бути виконані, проте витрати на це (маса, вартість) настільки великі, що подібний безпечний автомобіль з точки зору економіки є абсолютно нерентабельним, тобто неприйнятний для середнього покупця; крім того, витрата палива та забруднення навколишнього середовища у такого автомобіля вищі, а це суперечить існуючій тенденції до їхнього зменшення.

Розробка безпечних автомобілів послужила інженерам-розробникам поштовхом для конструктивних удосконалень як автомобіля, так і захисних систем.

Вимоги, з якими досі погоджувалися, виявилися завищеними та нереальними. Необхідні подальші інтенсивні та скоординовані між країнами дослідження для вироблення практично реалізованих вимог до безпеки автомобіля та визначення оптимального відношення між витратами та ефектом, що отримується.

Звичайно, автомобільні фірми не можуть, та й не хочуть ухилитися від виклику – створити безпечніший автомобіль. Тому автомобільні фірми продовжуватимуть свої власні дослідження і, ґрунтуючись на наявних знаннях та результатах нових експериментів, покращуватимуть конструкції автомобілів, випереджаючи будь-які нові законодавчі обмеження.

Саме з цього погляду повинні розглядатися наведені нижче конструкції. Ці конструкції повинні показати інженерам – кузовникам, інженерам-випробувачам, а також дизайнерам, що вони мають створити автомобіль кращий, ніж сьогоднішній, ґрунтуючись великою мірою на міцних знаннях спеціальних дисциплін, та меншою мірою – на інтуїції. При цьому ніколи не слід забувати про економічні показники, значення яких у майбутньому зросте, оскільки зменшення витрат ніколи не повинне призводити до погіршення якості.

При експлуатації автомобіля відбуваються пошкодження кузова внаслідок зіткнень. Це сумна, але, на жаль, неминуча

дійсність. Проблема безпеки автомобіля та його кузова, у зв'язку зі зростанням щільності та швидкості руху, починає перетворюватися на вузлову проблему виробництва та експлуатації, що вважається важливою у глобальних економічних масштабах. У всьому світі, усілякими способами проводяться численні теоретичні та експериментальні роботи, спрямовані на створення більш безпечного кузова. У найближчому майбутньому, проте, неможливо сконструювати автомобіль, повністю безпечний. Проте, цього прагнуть і домагаються поліпшення. У зменшенні кількості жертв дорожніх пригод важливу роль відіграє кузов автомобіля.

Проблема безпеки автомобіля охоплює три області: активну безпеку, пасивну та безпеку за нещасного випадку, для розгляду яких необхідна хоча б загальна поінформованість про механіку явища зіткнення.

Особливо в області пасивної безпеки, знання навантажень, що виникають під час зіткнення, є основою проектування та оцінки кузова. З огляду на це, до розгляду окремих областей безпеки дається схематичний аналіз навантажень при зіткненні.

11.1 Навантаження при зіткненні

Практично зустрічаються три типи зіткнень: наїзд на постійну перешкоду, удар в інший транспортний засіб що рухається, і перекидання, при яких більшою або меншою мірою витрачається кінетична енергія автомобіля (рис.11.1 -11.3).

11.1.1 Кінетична енергія

Кінетична енергія автомобіля, що рухається, залежить від його маси і квадрата швидкості. Однак частина маси в залежності від її розташування в кузові на зміну кінетичної енергії в момент зіткнення не впливатиме. Кінетична енергія, що звільняється в процесі удару, визначається різницею швидкостей до зіткнення та після нього.

Величина енергії автомобіля перед зіткненням дуже значна, тому що вона визначається квадратом швидкості, яка не може бути невеликою, бо інакше не було б події. Енергія удару, що викликає пошкодження автомобіля, залежить від напрямку удару та уповільнення автомобіля.



Рисунок 11.1 – Експериментальне лобове зіткнення двох автомобілів Mercedes-Benz



Рисунок 11.2 – Експериментальне перекидання автомобіля BMW. Під час якого середній відсік піддається зім'яттю

Ця енергія в залежності від характеру зіткнення має наступні значення (приблизно):

- 100 % при лобовому ударі у жорстку та нерухому перешкоду;
- 90 % при лобовому зіткненні із однотипним автомобілем;
- 80 % у разі центрального бічного удару у однотипний автомобіль;

60 % при ударі у три чверті передньої частини автомобіля;
40 % при боковому нецентральному ударі;
20 % при ударі ззаду у однотипний автомобіль.



Рисунок 11.3 – Загальне випробування
кузова автомобіля на міцність

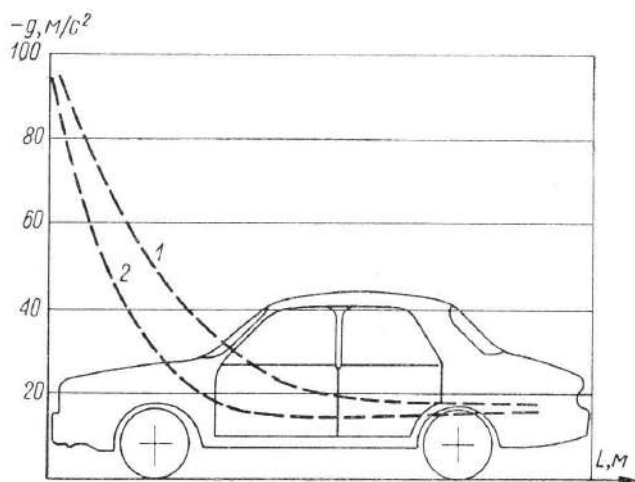
Розсіювання енергії здійснюється за рахунок повороту та ковзання автомобіля під час зіткнення. Найнебезпечніша, безумовно, ситуація, коли розсіювання енергії незначне, тобто у разі лобових чи бічних центральних зіткнень.

11.1.2 Величина сил

Значна енергія удару втрачається за дуже короткий час і на невеликій відстані. Це викликає появу таких же великих прискорень та пропорційних їм ударних сил. Практично

виникають сили, що становлять для легкових автомобілів від кількох десятків до 40 000 кгс. Для автобусів та вантажних автомобілів ці сили зростають від десятків до кількох сотень тисяч кілограмів.

Розподіл, прискорень, що викликають ударні сили, неоднаковий по довжині автомобіля. Залежно від структурних властивостей даної конструкції кузова, прискорення, які у пасажирському та задньому відсіках, при лобовому ударі, більш менш постійні, збільшуються у напрямку до передньої частини автомобіля і досягають максимуму в зоні буфера (рис. 11.4).



- 1 – жорстка передня частина кузова;
2 – передня частина кузова, що деформується

Рисунок 11.4 – Розподіл прискорень кузова легкового автомобіля при лобовому ударі зі швидкістю 50 км/год

Це пов'язано з податливістю переднього відсіку кузова, що залежить від підбору жорсткості і окремих елементів конструкції буфера, передніх стінок та ін.

Така конструкція кузова, що викликає максимально можливе зменшення максимальних прискорень, є, звичайно, значно вигіднішою, ніж та, в якій пасажирський відсік додатково навантажується прискоренням передньої частини автомобіля.

11.2 Активна безпека

До області активної безпеки належить усе, що знижує ймовірність дорожнього пригоди. Щодо кузова автомобіля багато що визначено діючими нормами на допустимі розміри або такими поняттями, як комфортабельність їзди, легкість керування автомобілем тощо.

Поняття, кількісно ще незмірні, є в принципі проблемою правильного планування елементів місця водія та якості окремих елементів. Такими елементами є, перш за все, покажчики, перемикачі, важелі, дзеркала тощо, і навіть попільничка та прикурювач, положення яких по відношенню до сидіння має відповідати вимогам ергономіки.

Якість елементів місця водія – важливий запобіжний фактор. Добре спроектоване сидіння забезпечує повітропроникність, належне положення тіла, правильний кровообіг та свободу руху рук, зменшує втому водія.

Ефективність склоочисників та системи обдування скла, дзеркал, протисонячних щитків, елементів, що покращують оглядовість, також знижує ймовірність події. У частині активної безпеки одним із факторів, можливо найважливішим, на який кузов може впливати, є психіка людини.

Хоча про це майже не говорять, однак відомо, що в поганому і брудному кузові, водій має значно більшу тенденцію до поганої поведінки на дорозі, ніж водій, який працює в добрих умовах.

11.3 Пасивна безпека

Пасивна безпека заснована на зменшенні для водія та пасажирів тяжкості наслідків при дорожніх пригодах.

11.3.1 Причини поранення водія та пасажирів

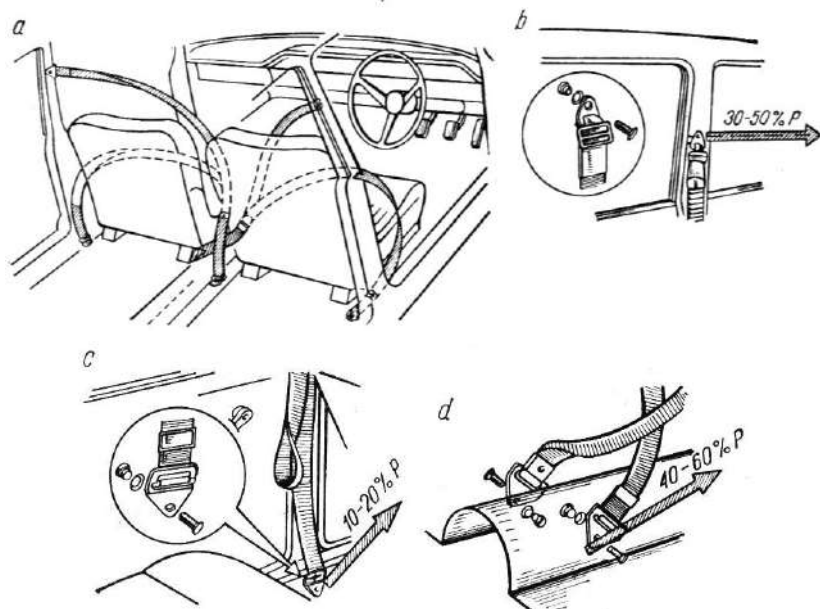
Безпосередніми причинами поранення водія та пасажирів автомобіля є взаємодія їх з елементами кузова, статистичне порівняння та систематика яких дуже корисні при проектуванні та оцінці кузова.

Найбільш небезпечними елементами кузова є середня та задня стійки бічної стінки, панель приладів, рульова колонка та колесо, передня надоконна балка та переднє скло. Крім цього,

при невикористанні ременів безпеки можливі тілесні ушкодження у разі випадання з автомобіля під дією сил інерції.

11.3.2 Ремені безпеки

Елементарним та неодмінним елементом пасивної безпеки є ремені безпеки. Норми наказують застосування діагонально-поясних ременів як найбільш прийнятного способу кріплення водія та пасажирів (рис. 11.5) в автомобілі.



а – загальний вигляд; б – закріплення верхнього кінця та навантаження;
с – закріплення нижнього зовнішнього кінця та навантаження;
д – закріплення нижнього внутрішнього кінця та навантаження

Рисунок 11.5 – Діагонально-поясний ремінь безпеки

Особливості роботи ременів добре відомі внаслідок численних досліджень. З погляду проектування та оцінки кузова необхідно, однак, звернути увагу на характерний розподіл навантажень у трьох точках кріплення ременів. Найбільш навантаженою є нижня внутрішня точка, що сприймає 40-60 % сили інерції P водія чи пасажирів.

На верхню точку кріплення (до дверної стійки) припадає трохи менше (30-50 %), а на нижню зовнішню (у дверному порозі) – лише 10-20 % сили P . Величина сили P залежить від прискорень у середньому відсіку кузова та ваги пасажирів.

У разі лобового зіткнення з використанням манекена 50 перцентилья людини вагою 73,5 кг, сила інерції $P=2\,900$ кгс у найбільш не вигідному для умов роботи ременів безпеки зіткненні легкового автомобіля меншої вантажопідйомності з автомобілем більшої вантажопідйомності.

Ремені, отже, можуть впливати на кузов силою 2 тс, а точки кріплення, а також конструкція кузова повинні бути здатні ці сили сприймати. Поріг кузова є елементом, призначеним витримувати великі навантаження, але у відсотковому відношенні він менш навантажений.

Це викликає певне утруднення, оскільки більша частина навантаження передається меншою жорсткістю дверній стійці і підлозі з листової сталі. Необхідність використання ременів безпеки практично підтвердилася у величезній кількості випадків. Нині ремені майже всюди є обов'язковим елементом передніх сидінь. Застосовуються вони і на задніх сидіннях.

11.3.3 Градація жорсткості кузова

Основою градації жорсткості кузова є така структура його корпусу, при якій пасажирський відсік є якомога жорсткішим, а передній і задній відсіки по відношенню до нього більш еластичними (рис.11.6).

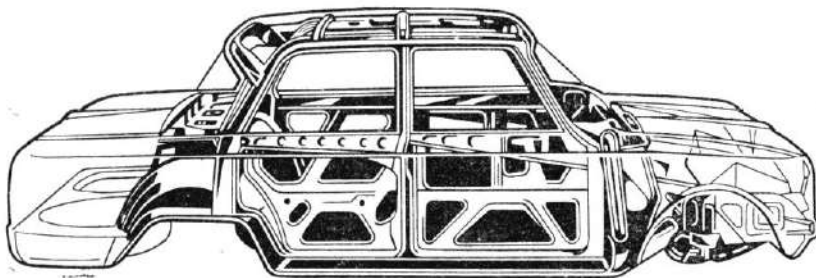


Рисунок 11.6 – Корпус автомобіля Alfa Romeo «Giulia» з жорстким середнім відсіком та менш жорсткими переднім та заднім відсіками

Така система забезпечує відповідні реакції крайніх відсіків, що виконують роль амортизаторів, що захищає пасажирів від роздавлювання у разі зіткнення автомобіля. Для отримання належної жорсткості пасажирського відсіку потрібно значно посилити кромки всіх отворів та дах.

Так як з багатьох експлуатаційних міркувань збільшити розміри передньої та середньої бокової стійок, як правило, неможливо, жорсткість підвищують шляхом збільшення ширини задньої стійки, яка утворює при цьому несучу панель. Для посилення даху застосовують дуги, які разом з елементами посилення дверних отворів утворюють відповідні шпангоути корпусу.

Необхідної жорсткості середнього відсіку кузова, однак, у принципі не можна отримати додатковим зусиллям та невеликими змінами кузова. Справді ефективне рішення виходить, якщо проектування від початку здійснювалося з належної градацією жорсткості.

При цьому необхідно виходити з принципового положення, згідно з яким середній відсік повинен характеризуватись по можливості мінімальною роботою окремих його елементів на вигин та максимальною – на зріз, розтяг та стиснення. Зниження жорсткості крайніх елементів порівняно легко досягається за рахунок вирізів або відповідним виконанням балок, що гарантує переважання місцевий вигин.

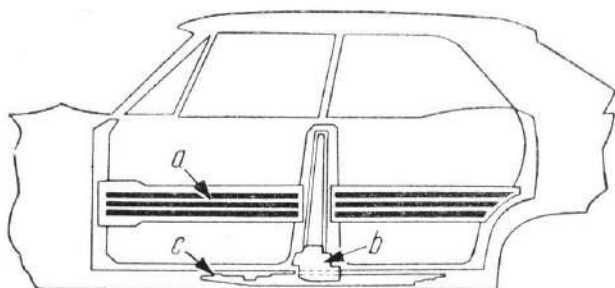
11.3.4 Елементи інтер'єру кузова

До найважливіших з точки зору пасивної безпеки елементів слід, перш за все, віднести рульову колонку з колесом, передній підвіконний пояс, підвіконні балки, двері та сидіння. Рульова колонка і колесо були предметом численних досліджень, що проводяться виробниками цього вузла.

Найкращі результати отримані застосуванням енергопоглинаючої рульової колонки, належним виконанням спиць рульового колеса та надійного закладення кінця колонки. Так само добре вивченими є передній підвіконний пояс і панель приладів, які були вдосконалені в результаті використання еластичних облицювальних матеріалів.

Внутрішня частина дверей кузова дуже важлива як у разі

лобового удару, так і (а може, насамперед) бічного. Посилення дверей проти бічного удару серйозно ускладнює конструкцію порога кузова (рис.11.7).



- а – вставки, що підсилюють жорсткість;
- б – вузол нижнього закладення стійки в поріг;
- с – подовжня балка всередині порога

Рисунок 11.7 – Послідовність посилення елементів дверей автомобіля Chevrolet Chevy проти бічного удару

Оскільки підсилювальні вставки можуть витримати значне навантаження, допускаються відповідно великі реакції для бічної стінки. Подальшому посиленню підлягають, отже, петлі і замки, а далі всі нижні частини бічних стійок.

Посилення середньої стійки викликало, у свою чергу, переобладнання вузла, його посилення в порозі, потім посилення самого порога поздовжньою балкою передачі великих зусиль на передню і задню поперечні балки основи. Це збільшило вагу кузова автомобіля Chevrolet Chevy на 22,5 кгс. Значно менш складним випадком є надвіконна балка переднього вікна.

Зміною форми одного елемента внутрішньої частини віконної рами можна істотно зменшити травми голови. Як і в багатьох інших рішеннях, спрямованих на підвищення безпеки, у цьому випадку використовується принцип збільшення дотичної складової сили удару.

Крім згаданих найважливіших елементів кузова впливають на підвищення безпеки такі елементи, як, наприклад, ручки дверей і склопідйомників, і навіть притуплення кромek всіх отворів, тощо.

Роль сидіння у питаннях безпеки є окремою проблемою. Безпечне сидіння є значно ускладненою конструкцією, а тим самим і важчою. Це практично не дозволяє застосовувати його в автомобілях малого та середнього класів.

11.3.5 Буфери

Буфери – особлива проблема в кузовобудуванні з того часу, як введені норми, що вимагають забезпечення повної безпеки кузова при ударі про постійну жорстку перешкоду при певній швидкості на першому етапі – 4 км/год та 8 км/год на другому.

Відповідно до цієї вимоги форма буфера вже на першому етапі має бути спроектована з урахуванням відповідного поглинання енергії. Показані як приклад форми буферів, виготовлених зі сталі та пластмас, відповідають також вимогам другого етапу, коли вони навантажені силою близько 8 000 кгс: сталевий – в результаті віддалення від передньої стінки кузова на 19 мм, з пластмас – внаслідок застосування енергопоглинаючого матеріалу.

При установці жорсткого буфера потрібно, щоб кріплення було пружним для поглинання енергії удару. Найчастіше це ресора зі сталевієї смуги або амортизатор із пористого поліуретану.

Навантаження, що сприймаються буферами і не викликають пошкодження кузова, створюють додаткові умови міцності для несучої системи переднього відсіку кузова. Цей відсік, який до того не навантажений поздовжніми силами на відрізок від передньої стінки до підвіски коліс, повинен бути перевірений на навантаження близько 3-4 g. Якщо врахувати, що поздовжні навантаження при гальмуванні становлять близько 1 g, це умова нині визначає структуру передньої частини автомобіля.

11.4 Безпека за нещасного випадку

Безпеку за нещасного випадку характеризують фактори, що полегшують становище водія та пасажирів, які вже потрапили в дорожню пригороду.

Ці фактори зводяться до протипожежних та медичних вимог. Протипожежні вимоги визначають положення паливного бака по відношенню до елементів електрообладнання та випускної

системи двигуна. Для надання першої медичної допомоги має бути передбачене місце для аптечки, захищене від сонця і доступне навіть при пошкодженні кузова. Доцільно також передбачити місце для стандартної картки з групою крові водія та по можливості пасажирів.

11.5 Проблема кузовів вагонного компонування

У кузовах вагонного компонування проблема загальної безпеки має особливе значення. Автобуси, будучи засобом масового перевезення людей, повинні забезпечувати безпеку відповідно до обсягів перевезень та відповідальності, що випливає з цього.

Зниження прискорень, що виникають у разі лобового удару, можливе лише шляхом погіршення положення водія, місце якого розташоване безпосередньо за передньою стінкою. Однак це необхідно, і менш жорстка передня частина застосовується, як правило, в автобусних кузовах, що дозволяє значно підвищити безпеку пасажирів.

Кузови автобусів вагонного компонування можуть відрізнитися підвищеною безпекою при відповідній конструкції бічної стінки та даху. У автобусах із надмірним склінням та тонкими віконними стійками зменшується безпека пасажирів у разі перекидання на дах.

Несучі панелі бічної стінки і жорсткий дах підвищують у цьому випадку безпеку. Як правило, кузови вагонного компонування дуже чутливі до бічного удару, що пояснюється малою жорсткістю бічної стінки на вигин у цьому напрямку.

Більш стійкими з цього погляду є кузови вагонного компонування з жорсткою несучою основою. Взагалі проблема безпеки автобусів на відміну від легкових автомобілів, була так ретельно досліджена виробниками, як цього вимагає практика експлуатації автобусів.

11.6 Вплив вимог безпеки транспортного засобу на масу транспортного засобу

Мінімальні зовнішні та максимальні внутрішні розміри кузова є передумовою для досягнення низької маси автомобіля. У легкових автомобілів майже завжди застосовують несучий кузов.

З точки зору забезпечення міцності, на перший погляд, здавалося б правильним, щоб більшу масу мала частина кузова між осями, а передня і задня частини були б легшими.

Однак це правило дійсне лише частково. До цих частин кузова, званими звисами, пред'являються особливі вимоги, зумовлені необхідністю безпечного руху. У разі аварії ці частини кузова повинні за рахунок пластичної деформації зменшити вплив на пасажирів, що виникає під час зіткнення, великих значень негативного прискорення.

Зони передньої і задньої частин кузова, що деформуються, повинні забезпечувати прогресивну деформацію при ударі, що вимагає застосування кузовних елементів спеціальної конструкції, у тому числі для кріплення бамперів, і тому маса цих частин мало відрізняється від маси середньої частини кузова.

При лобовому зіткненні необхідна велика пластична деформація передньої частини кузова забезпечується відсутністю особливо жорстких елементів, що перешкоджають деформації.

Пластична деформація поширюється аж до передніх коліс, тому з точки зору пошкодження двигуна та радіатора бажано, щоб вони не виходили за передню межу коліс. Картер кермового механізму має бути поміщений у спеціальному захищеному просторі.

Переміщення рульової колонки всередину кузова часто буває причиною небезпечних травм грудної клітини водія, тому величина цього переміщення строго обмежена і визначається при випробуваннях на зіткнення.

Між кермовим колесом і кермовим механізмом управління встановлюється елемент, здатний безпечно передавати крутний момент, але не переносити осьове зусилля. І при використанні таких деталей можна досягти економії маси, наприклад, шляхом заміни двох шарнірів тонкостінною трубою з перфорованої сталі, що деформується при осьовому навантаженні, яке викликається зіткненням.

Пластична деформація передньої частини кузова є гарним захистом пасажирів, але потребує подальшого дорогого ремонту. Саме цей вид ремонту становить, як правило, більшу частину завантаження автомайстерень так недешевих для власника. Тому конструктори прагнуть створити бампер, який поглинав би

енергію за невеликих зіткнень, не передаючи її на кузов і тим самим не пошкоджуючи останній.

Бампер повинен достатньо виступати перед кузовом, щоб при ударі переміститися і поглинути значну енергію без подальшого вивільнення. Така функція забезпечується або пластичним елементом, який після деформації замінюється, або рідинним тертям, як у амортизаторі. У другому випадку бампер повільно повернеться до початкового положення.

Передній бампер з пристроями амортизації та ребрами жорсткості у кузові збільшує масу автомобіля та його довжину. Щонайменше це стосується і заднього бампера. Захист проти бічних ударів забезпечується достатньою товщиною дверей, деформація яких зменшує вплив удару на пасажирів. При цьому необхідно забезпечити відкриття дверей після деформації. Все це викликає збільшення маси та ширини автомобіля.

12 ЗАГАЛЬНИЙ ХАРАКТЕР ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

З точки зору важливості кузова та кількості його модифікацій з використанням одного й того ж шасі, проектування кузовів набуває все більшого значення і давно вже займає належне становище у масштабах не тільки автомобільної промисловості, а й проблем організації автомобільного транспорту.

Особливість проектування кузовів полягає у вмілому об'єднанні в одне ціле відомостей та вимог багатьох галузей знань. Труднощі проектування полягають у різноманітності цих відомостей і знань і необхідності, що треба спеціально підкреслити, одночасного «вбудовування» їх у проект на ранній його стадії, тобто на стадії компонування креслення.

«Перебудова» або «добудова» на подальших фазах неможлива без погіршення якості кузова або збільшення терміну запуску його у виробництво, або витрат на заміну обладнання.

12.1 Загальні відомості про компонування кузова

Компонуванням кузова називається частина конструкторської роботи з проектування автомобіля, під час якої визначається правильне взаємне положення сидінь, платформи для вантажу, органів керування, дверей, вікон, люків, буферів, та намічаються вихідні габаритні контури кузова (зовнішні та внутрішні).

У процесі спільної роботи кузовників та конструкторів за механізмами автомобіля, перші поступово отримують дані про розміри та конфігурацію рами (якщо вона є); розташування та розміри отворів та кронштейнів для кріплення кузова; габаритних розмірах механізмів; розмірах, що визначають базу, передню та задню колії; діаметрі та профілі шин; величині найбільшого переміщення коліс стосовно рами або кузова при переїзді через перешкоди; величині найбільшого кута повороту коліс; висоті від поверхні дороги до верхньої полиці рами або проектованому рівні підлоги кузова при навантаженні; положенні рульової колонки та педалей; діаметрі кермового колеса; положенні та зразкових контурах переднього щита; положенні радіатора, очищувача повітря, заливної горловини паливного бака,

аккумуляторної батареї та запасного колеса.

За відсутності рами у конструкції автомобіля, всі його механізми кріпляться до несучого корпусу кузова; у цьому випадку компонування кузова є по суті компонуванням автомобіля.

Послідовність роботи конструктора, що виконує компонування кузова, наступна:

- визначення лінії підлоги та найменших розмірів колісних кожухів з урахуванням підйому та повороту коліс, можливих під час руху автомобіля;
- визначення розмірів сидіння водія та розташування його щодо органів управління;
- планування решти сидінь, визначення лінії стелі (іноді ця лінія задається заздалегідь залежно від висоти автомобіля; у цьому випадку вибирається така висота сидінь, при якій залишається достатній простір між поверхнею подушки та стелею), визначення прорізів дверей (що забезпечують зручність входу та виходу та уточнюваних) на макеті, та контурів вікон;
- визначення зразкових обрисів форми кузова;
- визначення розмірів кузова для вантажного автомобіля.

У процесі компонування враховуються також інші чинники, як, наприклад, розташування вентиляційних пристроїв, з доступом до механізмів їх обслуговування, тощо.

При розробці компонування кузова може виникнути потреба в деяких, нерідко суттєвих змінах у прийнятому розташуванні механізмів автомобіля, конфігурації його рами та ін. Тому спільна робота кузовника та конструктора з механізмів автомобіля особливо необхідна.

При нанесенні на креслення лінії підлоги конструктор повинен враховувати передбачувану конструкцію основи кузова. Найменші розміри колісних кожухів визначають за допомогою геометричних побудов.

Для того щоб забезпечити задовільну посадку пасажирів і водія в кузові, що проектується, конструктор при компонуванні кузова повинен керуватися розмірами фігури людини; нормами на розміри та контури сидінь та на умови зручної посадки водія

та пасажирів; характеристикою еластичності сидінь; даними про необхідні та можливі зусилля на органах управління автомобіля; умовами, що забезпечують найкращу оглядовість для водія та пасажирів; нормами на планування та розміщення сидінь щодо дверей та осей автомобіля.

Визначення розмірів кузова для вантажного автомобіля проводиться відповідно до чинних норм, з наміченим розподілом ваги по осях автомобіля та з передбачуваною конструкцією кузова.

Компонування креслення виконується в масштабі 1:5, рідше в масштабі 1:2. Це креслення, розроблене з урахуванням довідкових матеріалів та наміченого розташування основних механізмів автомобіля, його бази, колії та габаритних розмірів, є основою для складання проєктів форми автомобіля та для виготовлення макета внутрішнього пристрою кузова. Після перевірки правильності компонування на макеті, та вибору одного з варіантів форми в креслення, у компонування вносять необхідні поправки і уточнення.

12.2 Елементи конструкції

Багато з уявлень про підхід до проектування автомобільних конструкцій у вигляді просторових каркасів 1950-1960 рр. залишається в силі і для тонкостінних трубчастих оболонкових конструкцій. Таким чином, проектування оболонкових конструкцій можна починати з компонувального креслення.

Мета компонування – оптимально розташувати основні елементи конструкції.

Технологу мінімально необхідні чотири креслення масштабу 1:5 із зображеннями видів спереду, збоку, зверху, і навіть ззаду. Можуть також знадобитися додаткові поперечні розрізи, так як склад тонкостінної оболонкової конструкції зазвичай входять великі замкнені порожнисті елементи.

Спочатку визначають висоту переднього та заднього центрів крену шляхом аналізу підвіски, а також опорних елементів маточок, розташованих на кінцях. Це дозволяє намітити схему з'єднання підвіски та визначити хід колеса. Далі наносять центри переднього та заднього мостів, лінію дороги, а також рівень тунелю підлоги, щоб встановити проміжок, необхідний при

повному динамічному прогині ресори. Положення елементів ручного управління та педалей визначаються шляхом побудови кривих досяжності для водіїв на основі ергонометричних даних. Після цього можна досліджувати місця, залишені для розміщення двигуна, коробки передач, радіатора та паливного бака.

Проектування кузова зазвичай починають з головних поперечних елементів або перегородок, що встановлюються по одній у переднього та заднього мостів, а також із двох проміжних перегородок, що встановлюються біля панелі приладів та спинки переднього сидіння.

Розташування перегородок залежить від того, чи двигун автомобіля спереду або ззаду. У спортивних автомобілів з переднім розташуванням двигуна передня частина зазвичай зайнята силовою установкою, центральна частина відведена для розміщення ніг водія та пасажирів, а задня частина – під сидіння.

У автомобілях із заднім розташуванням двигуна для ніг відводиться передня частина, для сидінь – центральна частина, а задня частина зайнята двигуном та коробкою передач.

У перегородках, через які проходять елементи системи двигун – коробка передач, повинні бути передбачені (великі отвори, внаслідок чого потрібне ретельне конструювання перегородок з метою надання їм конструктивної жорсткості.

Всі поперечні перегородки повинні бути частинами єдиної конструкції з жорсткістю, що забезпечує мінімальні деформації при згині й крученні.

Для поздовжніх брусів повинні використовуватися розбиті на секції лонжерони коробчастого перерізу. Висота цих елементів повинна бути вибрана з урахуванням забезпечення жорсткості при згині.

Детальне проектування кріплення системи двигун – коробка передач до перегородок та лонжеронів, а також інших кріплень, пов'язаних із передачею зосереджених навантажень, є дуже відповідальною, проте проектування тонкостінної оболонкової конструкції буде успішним лише в тому випадку, якщо у сприйнятті навантажень братимуть участь усі елементи перерізу, а для цього потрібно приділяти особливу увагу проектуванню, поздовжніх елементів жорсткості, підсилювальних шпангоутів і розпірок.

12.3 Переміщення як розрахунковий критерій

Можливості традиційних шасі точно охарактеризує, порівняння їх з конструкцією міцного мосту. У той час як конструкція міцного мосту спочиває на потужних опорах, конструкція міцного шасі спирається на дорогу, яка то здійснюється, то провалюється, наче хвилі неспокійного моря.

Коли розташовані по діагоналі колеса одночасно піднімаються при наїзді на нерівну поверхню, виникають великі напруги, що скручують, що викликають значні крутильні переміщення. Крутильні переміщення автомобільних кузовів, що мають деяку гнучкість, і порушення геометрії рульового управління можуть призвести до тряски.

Подальші досягнення в галузі автомобілебудування робили традиційну конструкцію рами шасі все більш непридатною. У зв'язку з тим, що покупці автомобілів, а пізніше пасажирів автобусів, стали вимагати більшого комфорту, необхідно було розробляти м'якіші підвіски.

Для цього, у свою чергу, необхідно було забезпечити вертикальні переміщення колеса більші за ті, що дозволяли передні підвіски нерозрізних мостів старих автомобілів. Але наявність великих вертикальних переміщень у коліс нерозрізного мосту, означало б різку зміну нахилу коліс, що, своєю чергою, призводило б до значних гіроскопічних моментів.

Тільки із застосуванням незалежної передньої підвіски коліс можна було отримати великі переміщення колеса, які за мінімальних змін положення кабіни та кута нахилу рульового колеса стали причинами плавної їзди. Однак з розрізанням балки мосту і з виділенням рульової тяги із залежної передньої підвіски потрібно посилити жорсткість кузова автомобіля, до якого кріпилися важелі незалежної передньої підвіски.

Жорсткість рами при крученні прийнято виражати ($\text{Н}\cdot\text{м}/^\circ$) через кут повороту передньої осі щодо задньої. Для шасі автомобіля типу седан мінімальне значення жорсткості дорівнює $6110 \text{ Н}\cdot\text{м}/^\circ$, а бажаний діапазон її зміни становить $6800\text{--}7500 \text{ Н}\cdot\text{м}/^\circ$. Звідси зрозуміло, чому конструкцію автомобіля зазвичай оцінюють не за міцністю, а за жорсткістю, і дослідження стану конструкції пов'язане з вивченням швидше за її деформованість,

ніж напруженого стану. Прогини при вигині в середині прольоту автомобіля не повинні перевищувати 1,3 мм, а деформації контуру дверних прорізів не повинні бути більше 1,3 мм у разі дії зосередженого в середині прольоту навантаження, що дорівнює 6680 Н.

12.4 Класифікація конструкцій кузовів автомобілів

Несучий кузов. У цій конструкції основні навантаження сприймають елементи, що утворюють конструкцію. Це означає, що всі елементи кузова, за винятком дверей та люків, є несучими.

Змішана конструкція. У цій конструкції є окрема рама шасі, тим не менш, решта конструкції робить істотний внесок у загальну жорсткість.

Рамна конструкція. Це конструкція з підлогою коробчатого перерізу, що має достатню жорсткість, яка компенсує гнучкість конструкції кузовів відкритих спортивних та малолітражних туристичних автомобілів.

Тенденція до ширшого застосування інтегральних конструкцій кузовів у Європі пов'язана з наступними причинами:

- більш ефективно використовується матеріал, що призводить до зменшення маси або до вищої міцності та жорсткості при заданій масі;
- виходить деяка економія у виробничих витратах з допомогою зниження витрат на устаткування;
- конструкція, «скроєна зі шматків», вільна від небажаних відносних переміщень шасі та оболонки кузова;
- простіше спроектувати автомобіль із низькою підлогою.

Випробування жорсткості всієї оболонки на кручення дають не тільки абсолютні значення жорсткості. Випробування дозволяють виявити можливі небажані різкі перепади жорсткості по довжині кузова на графіках.

Різкі зміни жорсткості вказують на місця, в яких можливе виникнення полумки при експлуатації у зв'язку з дією напруг, які циклічно змінюються, що обумовлюється переїздами автомобіля через нерівності дороги.

Ясно, що посилення конструкції у цих місцях та проведення повторних випробувань на жорсткість з метою віднайдення найменших різких змін жорсткості сприяли б вибору більш

міцної конструкції.

Головні цілі, що переслідуються при проектуванні конструкції, можна звести до двох цілей:

Перша мета – полягає в найбільш раціональному розподілі матеріалу в кожному елементі, що дозволяє якнайкраще використовувати максимально можливу несучу здатність матеріалу.

Друга мета – надати конструкції чітку та безперервну форму, що забезпечує безпосередню передачу навантаження від точки її докладання до точки, в якій виникає реакція.

Переваги, які отримують з використанням штампованих профілів з м'яких сталей, які зазвичай влаштовують машинобудівні заводи масового виробництва, для автомобілебудівника втрачають своє значення, у зв'язку з вузькою спеціалізацією або малою серійністю виробів.

Оптимальний вибір можна зробити тільки на основі ретельного дослідження питомої міцності та питомої жорсткості зразків різних матеріалів. Такий вибір залежить також від наявності тих чи інших виробничих потужностей.

Як правило, для елементів конструкцій автомобілів індивідуального користування застосовують металеві листи товщиною 0,91 мм, які йдуть на виготовлення панелей великої площі таких елементів як дах, задня частина кузова, двері та підлога.

Товщина цих панелей може бути зменшена до 0,66-0,76 мм у тих місцях, в яких криволінійні контури збільшують жорсткість і створюють більш відповідний напружений стан.

Для головних елементів конструкцій, таких як перехресні бруси, нижні обв'язувальні бруси кузова, поздовжні бруси, а також стійки зазвичай використовують лист товщиною 1-1,25 мм, а в місцях посилення – 1,63 мм. Панелі зазвичай з'єднують одну з іншою точковим зварюванням.

Крок точкового зварювання зазвичай змінюється в діапазоні 30-64 мм в залежності від вимог, що пред'являються до міцності та щільності з'єднання; мінімальний крок дорівнює трьом діаметрам точкового шва.

12.5 Методи проектування кузова

З процесом створення кузова нерозривно пов'язані додаткові фактори, на яких ґрунтуються проектування та організаційні роботи, що супроводжують передбачуване виробництво. Загальне знайомство зі схемою цієї системи як цілого, необхідне розуміння методів проектування та його результатів.

12.6 Схема процесу створення кузова

У процесі створення кузова беруть участь три основні види служб: безпосередньо проектні, підготовки та обслуговування виробництва; науково-дослідні та служби загального характеру.

Безпосередні проектні роботи – це не тільки компонування, розробка ескізного та технічного проектів, а й роботи, що забезпечують основну технологію формоутворення та монтажу кузова, а також аналітичні роботи, такі як попередні розрахунки, допоміжне моделювання та детальні розрахунки. Зв'язки між цими роботами встановлені так, щоб гарантувати реальний перебіг процесу.

Правильність проектування до мінімуму знижує ризик змін у роботі служби підготовки виробництва та завдяки цьому забезпечує мінімальні терміни освоєння продукції. Науково-дослідні роботи та роботи загального характеру становлять необхідну основу проектування, без якої воно неможливе.

Сума відомостей цієї дуже великої області виражається при компонуванні автомобіля у вигляді експлуатаційних та техніко-економічних передумов, наочно відображених у компонувальному кресленні кузова з позначеними агрегатами двигуна та шасі.

Вибір компонування має бути обґрунтований основними розрахунками, що стосуються маси автомобіля та статички його несучої системи. Правильність вибору компонування є найважливішим чинником для всіх подальших робіт. При подальших роботах компонування не повинно змінюватись. Протягом розробки компонування підтримується концепція одного напрямку.

Оскільки підбір різноманітної інформації, необхідної для розробки компонування, – справа складна, на практиці нерідко

велике значення набуває досвід проектувальників та їхні знання. Якщо завжди можна отримати необхідні відомості, тоді основну роль грає загальний рівень проектанта.

Сукупність загальних відомостей А, В,... F надає важливий вплив на компонування при виявленні верховенства будь-якої складової. Наприклад, виділення складової F – виробничі можливості – як головне практично визначає компоновку.

Навпаки, складова А – теоретичні та дослідницькі роботи – визначає розробку кузова як роботу для власних потреб у пізнавальних цілях. Виділення складової О головною означає розширення ринку збуту. Для досягнення складніших цілей комбінують окремі складові.

12.7 Системи проектування

Проектування кузовів – одне з найважчих завдань галузі машинобудування через різноманітність складових елементів проекту. Воно є класичним прикладом тісного переплетення безлічі галузей знань із різних галузей науки та техніки.

Досить вказати, що треба вирішити питання ергономіки, естетики, аеродинаміки, аналізу міцності, технології, економіки, організації виробництва, безпеки тощо, щоб створити складний образ сучасного кузова, що далеко виходить за межі звичних досі канонів одногалузевої конструкторської роботи.

Проектування може здійснюватися за двома основними системами: послідовною та комплексною. Більш відома послідовна система, яка, однак, поступово поступається місцем сучасній системі комплексного проектування.

12.7.1 Послідовна система

Для послідовної системи характерним є «очікування» результатів чергової дії.

При компонуванні кузова перевіряють можливість реалізації основних передумов і, якщо виявляється, що реалізувати не можна, повертаються до передумов і коригують їх, і так на всіх етапах розробки кузова.

У тому, що один етап вносить зміни до іншого етапу, нічого поганого немає. Гірше, якщо, наприклад, після технологічного аналізу необхідно змінювати попередній проект або навіть

передумови. Подібна ситуація може скластися після випробувань.

Практично, послідовна система зводиться до такої форми роботи, коли технологи або розрахунки повинні отримувати документацію конструкторського проєкту кузова для аналізу. Те саме стосується і випробувачів, які випробовують дослідний зразок. При послідовній системі нерідко приймаються компромісні рішення, щоб уникнути трудомісткого повторення робіт. При цьому неможливо досягти високої якості проєктувальних робіт, і тоді необхідно піддати дослідні зразки більш повним випробуванням. Іншим недоліком послідовної системи є тривалість. Кожне повернення – це втрати часу на повторні роботи.

12.7.2 Комплексна система

Комплексна система, як показує сама назва, ґрунтується на угрупованні робіт та тісному взаємозв'язку їх результатів. При цій системі роботи поділяють на чотири групи, що виконуються у двох фазах. У першій фазі розробляється компонування набагато глибше, ніж за послідовної системи. Це має важливе значення, оскільки дозволяє надалі у другій фазі розділити роботи на три групи.

Другу фазу складають документаційні етапи, що доповнюються модельними та розрахунковими роботами. Цю фазу будують таким чином, щоб за результатами моделювання та розрахунків можна було вдосконалювати документаційні етапи.

Наприклад, на основі креслення компонування можна виконати модель-макет інтер'єру і розрахунок спрощеної несучої системи за методом ЕКП, а результати пов'язати з одночасно зробленим попереднім проєктом кузова.

Те саме стосується й інших питань, особливо технологічних, які слід враховувати вже в попередньому проєкті шляхом прискореної перевірки на моделях принципів збирання.

Подальшими модельно-розрахунковими роботами забезпечується створення загального виду кузова в масштабі 1:1 з урахуванням доцільних способів монтажу, форми агрегатів або вузлів кузова, а також їх властивостей міцності.

Застосування електронної обчислювальної техніки (ЕОТ) за комплексного методу дозволяє виконувати розрахункові операції

у встановлений термін. Використання ЕОТ є необхідною умовою для введення в проект у повному обсязі механічних та технологічних вимог до серійного кузова. Багато результатів розрахунків придатні для безпосереднього використання при організації виробництва.

Відповідним програмуванням та обробкою алгоритмів кузова можна замінити значну частину випробувань. Дослідні зразки кузова грають при цьому значно меншу роль і служать, мабуть, з метою оцінки незмірних у кількісному відношенні чинників, як, наприклад, естетики, герметичності тощо.

Використання ЕОТ є обов'язковою умовою при комплексному проектуванні всіх кузовів. Наявність ЕОТ, безумовно, полегшує вирішення всіх проблем.

Однак при проектуванні багатьох кузовів можна відмовитися від повного введення даних у проектні роботи, необхідного у разі застосування ЕОТ, і за наявності відповідних проектантів досягти результатів, якщо й не настільки оптимальних, то принаймні кращих, ніж при послідовній системі.

12.8 Вплив серійності на проектування

Схема процесу створення кузова дійсна в загальному випадку для кузовів, що проектуються для одиничного, мало-, середньо- та великосерійного виробництва. Окремі складові процесу мають при цьому лише різні масштаби.

При проектуванні кузовів одиничного виробництва роль служби підготовки виробництва мінімальна. Якщо кузов, крім того, є відомим типом кузова нескладної конструкції, значно спрощуються етапи розробки документації, тому що в цьому випадку майже не потрібно виконувати серйозні супутні роботи.

При серійному виробництві кузовів на усіх складових етапах проектування роботи проводять у повному обсязі. Виготовлення дослідного зразка відрізняється у схемі процесу лише тим, що служби кузовного виробництва замінені експериментальним цехом.

Вибір системи проектування залежить від виду виробництва кузова і тягне за собою різні наслідки. При одиничному виробництві кузовів застосування послідовного методу лише збільшує ризик затримок і пропорційних їм витрат. У разі

проектування серійних кузовів послідовний метод мало гарантує затратки, вартість яких прогресивно зростає.

Тому методиці проектування, виробники кузовів приділяють постійну увагу. Розроблено багато практичних способів, які, як правило, не набувають поширення за межами підприємств.

Останнім часом ситуація змінилася у зв'язку з використанням ЕОТ, оскільки її можливості майже однакові всім великим підприємствам. В результаті відбулося значне зближення методів, а тим самим неминуче розуміння цілісності, доступне, природно, ширшому колу зацікавлених фахівців.

12.9 Кузовні проектні бюро

Застосування тієї чи іншої системи проектування визначається типом кузовного проектного бюро. Очевидно, що системи комплексного проектування здатні застосовувати лише великі центри, що мають велику площу, численні кадри і різні допоміжні служби. Центри, що працюють на основі комплексного проектування, дуже ефективні, але характеризуються високими початковими витратами та тривалим періодом підготовки.

Невеликі проектні бюро і ті, які не мають модельно-розрахункових служб розробки структур, технології тощо, використовують послідовну систему. Тоді організаціям, які у ролі кооператорів, потрібно подати документацію етапів проектування. Це призводить до згаданих раніше труднощів та загальної неопукності підготовчих робіт.

Такою, безсумнівно, важкою ситуацією викликано створення проектного підрозділу середньої величини, здатного, однак, виконувати комплексну пошукову роботу. Це досягається збільшенням періоду перебування у виробництві даного кузова.

Підрозділ середньої величини здатний задовольняти вимоги виробництва у разі успішної вихідної моделі кузова і при стабільному характері роботи бюро. Останню умову з багатьох причин важко здійснити, насамперед, через необхідність наявності стабільної програми роботи та настільки ж стабільних кадрів.

13 ТЕХНІЧНА РОЗРОБКА КУЗОВА

Технічна розробка проекту виконується на основі компонування кузова, вираженого компоновочним кресленням та архітектурними моделями з урахуванням міцнісної та оздоблювальної форм. Форма міцності створюється в результаті аналізу механіки кузова.

Сюди відносяться питання статички кузова, механічних властивостей окремих елементів та динаміки зіткнення. Оздоблювальна форма визначається при уточненні основних розмірів поверхні кузова, встановленні перерізів та з'єднань за допомогою виконання відповідних креслень.

Креслення можна виконувати вручну, тобто традиційним способом, або напівавтоматично та автоматично при використанні ЕОМ.

13.1 Організація роботи

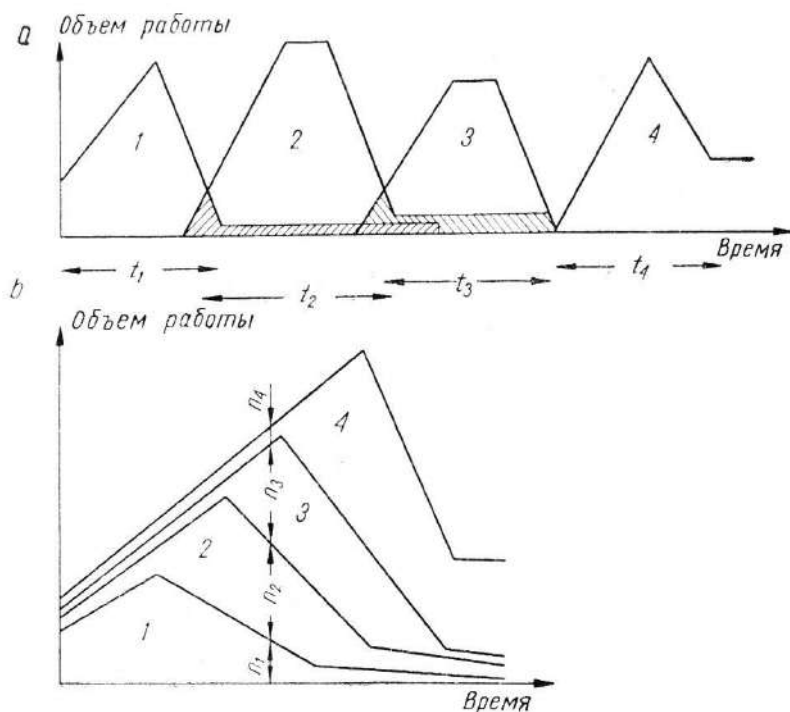
У світлі сучасних принципів комплексного проектування та способів отримання робочої документації змінюється традиційний поділ документації технічної розробки кузова.

Існуючий до нашого часу розподіл, заснований на штучному розмежуванні конструкції та технологій, будь-коли був правильним, оскільки визначався адміністративними вимогами, а не потребами виробництва.

В даний час він втрачає і формальну силу, оскільки традиційні етапи проектування: вибір компонування, ескізний проект, технічний проект, програма випробувань, проект серії тощо, з усіма міжетапними паузами на адміністративне затвердження проектів, тощо, не відповідають процесу створення кузова, який принципово зводиться до двох етапів: компонування та технічної розробки.

Обидва ці етапи характеризуються комплексною формою робіт спеціалізованих груп (конструкції, технології та підготовки виробництва).

Принципові схеми організації роботи не повинні бути побудовані за ланцюговою системою, а за наростаючою (рис. 13.1).



а – ланцюгова система; б – наростаюча система;
 1 – розробка форми та конструкції кузова;
 2 – розробка технології виробництва; 3 – підготовка до виробництва; 4 – розробка порядку експлуатації

Рисунок 13.1 – Принципові схеми організації робіт зі створення кузова

Недосконалість ланцюгової системи полягає у фактичному поділі груп, що займаються питаннями форми кузова, технології, підготовкою до виробництва та порядком експлуатації кузова. За цієї системи якість є проблематичною, а термін підготовки до виробництва тривалим.

Об'єднання окремих груп фахівців та поєднання етапів дають зазвичай незначний ефект через неможливість повернення до пройдених етапів і не завжди корисних компромісів. Наростаюча система характеризується одночасною роботою всіх груп

фахівців, які утворюють єдиний колектив зі змінним у відсотковому відношенні складом.

До проєктувальників форми входять фахівці в галузі архітектури, конструкції корпусів, обробки, розрахунків та випробувань. Група, що займається розробкою технології виробництва, повинна складатися зі спеціалістів з обробки тиском, збиранням та фарбуванням.

У початковій фазі роботою проєктувальників підготовки до виробництва має керувати головний конструктор нового виробництва чи модернізованого.

Фахівці з експлуатації вирішують питання обслуговування та ремонту. Вони дають величезну кількість цінних відомостей про невдалі або просто неприйнятні рішення конструкції автомобіля, який один раз виготовляють, кілька разів ремонтують, і сотні разів обслуговують.

Одночасний приплив інформації про кузов дозволяє при технічній розробці вчасно враховувати вимоги міцності, технології, підготовки до виробництва, а також обслуговування та ремонту.

У цьому випадку подовжуються окремі етапи, але скорочується загальна тривалість створення кузова, що означає кращу якість конструкції при більш короткому терміні підготовки до виробництва.

13.2 Виконання креслень

Креслення кузова виконують у масштабі 1:1, що необхідно для забезпечення точності $\pm 0,25$ мм. Виняток можливий лише для прямокутних деталей кузовів автобусів, які можуть бути виконані в масштабі 1:2 або, в окремих випадках, в масштабі 1:5.

Кузов у зборі викреслюють на міцному матеріалі, наприклад, на березовій фанері, алюмінієвих листах, пластмасі або в гіршому випадку на витриманому папері високої якості.

Міцність матеріалу має важливе значення, оскільки креслення є основою для всієї подальшої документації складальних одиниць та деталей. Матеріал, на якому викреслено кузов у зборі, не повинен реагувати на зміну вологості повітря, тому що звичайна технічна калька при цьому змінюється до ± 4 мм на 1 м.

Кузов викреслюють у координатній сітці з розміром клітини 100 мм. Рівень підлоги кузова приймають за нульову позначку для бічної z-x і поперечної z-y проекцій. Поздовжні розміри найчастіше відраховують від вертикальної осі передніх коліс, так як це найвигідніше при ваговому аналізі кузова.

Вертикальна вісь симетрії є основою поперечних розмірів. Розміри елементів кузова проставляють до найближчої сітки. Це дозволяє уникнути великої кількості розмірних ліній і зменшити кількість помилок при вимірі, а також полегшує читання креслення.

Найважливішою операцією технічної розробки кузова яка є основою всіх подальших конструкторських операцій це отримання зображення кузова в натуральну величину (рис.13.2).

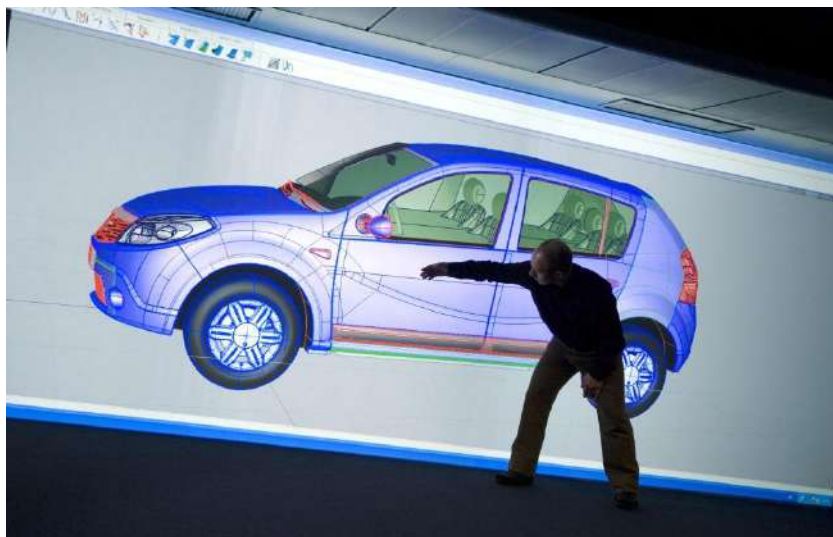


Рисунок 13.2 – Отримання зображення кузова в натуральну величину

Отримане креслення (рис.13.3) використовується у всіх подальших конструкторських операціях і зветься плазовим кресленням (дрефт). У полі плазового креслення, обмеженому серією кривих поверхні кузова, вимальовують елементи конструкції, починаючи з контурів віконних та дверних отворів.

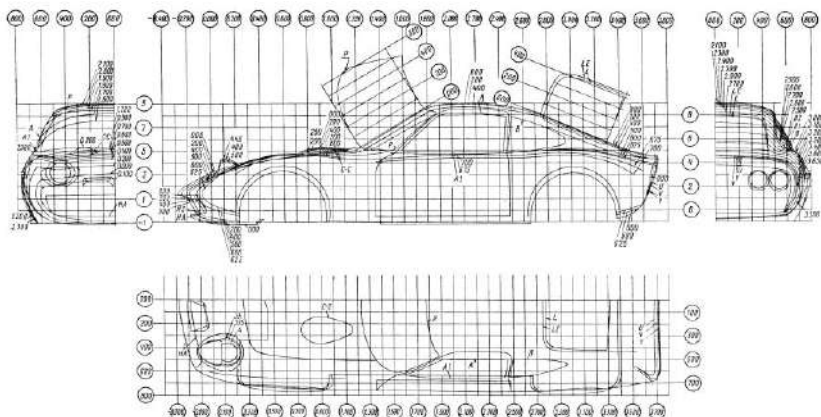


Рисунок 13.3 – Загальний вигляд кузова автомобіля Opel GT. Виконаний автоматично

На елементах конструкції корпусу розмічають отвори для кріплення елементів обробки і обладнання кузова. Креслення деталей та зварних складальних одиниць виконують методом копіювання ділянок плазового креслення на технічній кальці. Складальні вузли та деталі креслять також у координатній сітці.

13.3 Ваговий аналіз кузова

Метою вагового аналізу є визначення ваги автомобіля на стадії проектування. У сучасному виробництві автомобілів це питання має особливе значення, що видно з наведеного нижче розрахунку.

Зайва вага легкового автомобіля, наприклад 50 кгс при річному випуску 50 000 шт, спричиняє додаткову витрату матеріалу, що становить 2 500 т.

Це збільшує витрати не тільки на матеріал, але і на транспортування, складування, обробку, складання тощо. Якщо зайва вага автобуса становить 400 кгс при річному випуску 1 000 шт, то не лише на 400 т збільшується витрата матеріалів, а й на 5 одиниць зменшується кількість місць, що знижує виторг транспортного підприємства на 10-15 %.

Крім того, надмірно велика власна вага негативно позначається на динамічних властивостях автомобіля, витраті

палива, гуми тощо. Проведення вагового аналізу є обов'язковим.

У разі виявлення надмірно великої власної ваги проектованого автомобіля, а критерієм є статистичні дані щодо інших подібних автомобілів, слід зробити необхідні зміни у проєкті, які на початковому етапі робіт можна легко внести.

Крім того, ваговий аналіз потрібен для розрахунку розподілу ваги автомобіля по осях. Розрахунок ваги окремих елементів кузова полегшують графіки, що показують залежність ваги елементів з даного матеріалу від площі або довжини (рис. 13.4-13.9). Правильно організований підрозділ, що займається проєктуванням кузова повинен мати такі графіки для всіх кузовних матеріалів.

Також має бути відома вага нормалізованих деталей (таких, як болти, гвинти, заклепки), прокатних профілів тощо. І лише вагу таких елементів, як виливки чи поковки, доводиться визначати. Отже, вагу найбільшої (понад 50 %) частини автомобіля – кузова – визначити легко.

Аналіз ваги, витрати часу який мізерні проти витратами часу на весь комплекс робіт, забезпечує правильний розподіл ваги і як основу розрахунків на міцність. Якщо елементи шасі та двигуна вже випускаються, а їхня вага невідома, то її можна визначити зважуванням. У разі проєктування цих елементів паралельно із кузовом необхідний точний ваговий аналіз.

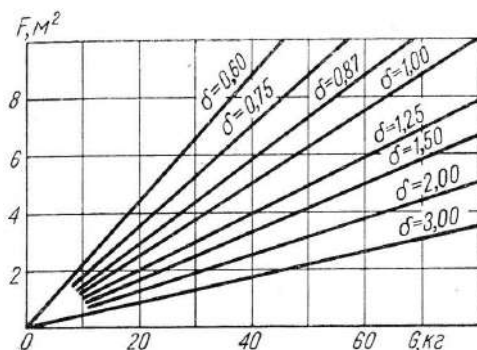


Рисунок 13.4 – Залежність ваги сталевих листів різної товщини від їхньої площі. При малих площах (до 3 м^2) зазвичай викреслюють графік великому масштабі

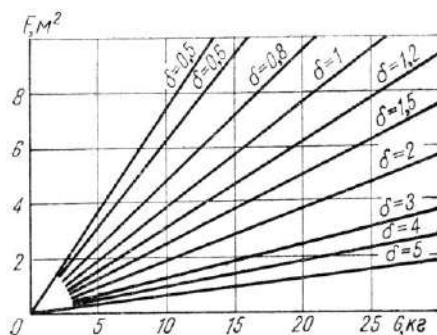


Рисунок 13.5 – Залежність ваги алюмінієвих листів різної товщини від їхньої площі

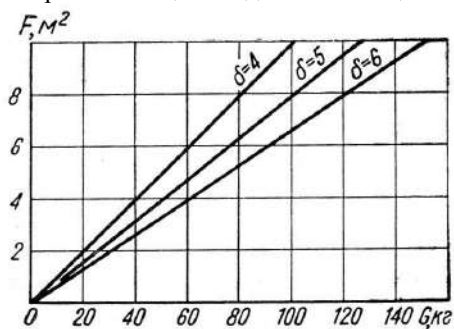


Рисунок 13.6 – Залежність ваги скла різної товщини від його площі

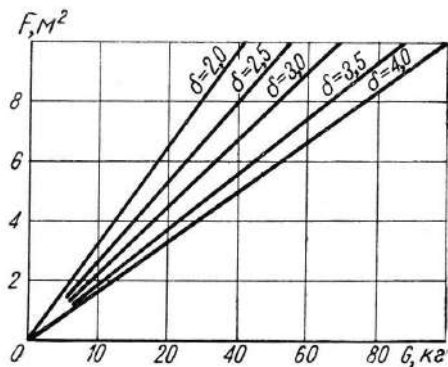


Рисунок 13.7 – Залежність ваги гумових матів різної товщини від їхньої площі

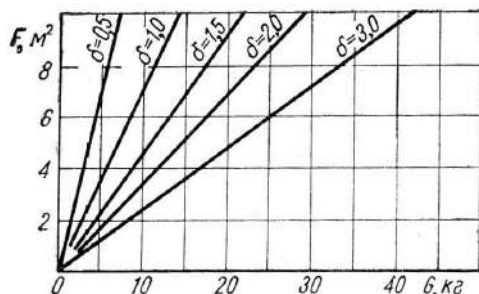


Рисунок 13.8 – Залежність ваги штучної шкіри різної товщини від її площі

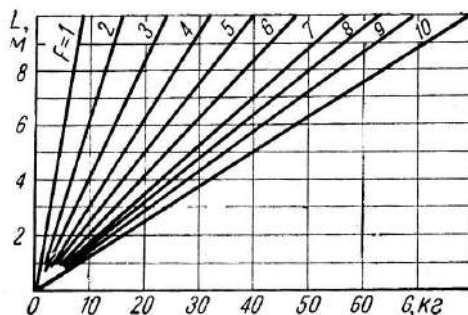


Рисунок 13.9 – Залежність ваги сталевих прокатних профілів, що мають різну площу поперечного перерізу, від їх довжини

13.4 Автоматизація проектування кузова

Автоматизація процесу проектування кузова автомобіля можлива при одночасному використанні ЕОМ, дистанційно пов'язаної з графобудівником (плоттером) та координатно-виміральною машиною.

Розроблено кілька методів автоматизації процесу проектування. Всі вони в основному однакові та відрізняються лише способом опису поверхні та сферою технологічного застосування.

Суттю процесу автоматизації є введення в ЕОМ точного опису поверхні кузова. Цей опис може являти собою окрему математичну модель або дані обмірювання архітектурної моделі

кузова виготовленого вручну зі спеціального пластиліну (рис.13.10-13.11).



Рисунок 13.10 – Процес виготовлення макета кузова майбутнього автомобіля вручну



Рисунок 13.11 – Обмір пластилінового макета кузова координатно-вимірювальною машиною

13.4.1 Форми кузова

Проектні роботи над формою кузова полягають у перевірці форми кузова на екрані дисплея, що дозволяє уявити кузов у будь-якій проекції. При цьому конструктор може довільно коригувати форму кузова, а далі графобудівник (плоттер), керований ЕОМ, друкує необхідні креслення (рис. 13.12).



Рисунок 13.12 – Виконання плоского креслення
плотером, керованим комп'ютером

З цього креслення, що відрізняється гарною якістю графіки та плавними лініями, недосяжними для ручного малювання, вводяться контури великих панелей та інших складних деталей у пам'ять комп'ютера.

Таким чином, гнучкий зв'язок між ЕОМ, графобудівником і дисплеєм дозволяє отримати необхідне число підпрограм, які можуть бути використані в ЕОМ з меншою пам'яттю. Плазове креслення надалі може бути використане звичайним способом для конструювання складальних одиниць і деталей кузова, а також обладнання для його виготовлення.

13.4.2 Технологічне обладнання

Найвні дані щодо окремих штампованих деталей доцільно використовувати безпосередньо для проектування технологічного обладнання. З цією метою у програму ЕОМ

вводять нову інформацію у формі алгоритмів. Аналогічним способом, як і розробка форм кузова, створюється форма устаткування з можливістю корекції під час використання екрана дисплея.

Практика показує, що найбільш доцільним є складання окремих програм, незважаючи на спільність багатьох функцій низки технологічного обладнання. При проектуванні будь-якої деталі потрібні значні коригування, що залежать виключно від знань та досвіду конструктора.

В особливо важких випадках, ЕОМ дозволяє автоматично переносити дані про деталі кузова, що викликала труднощі, на копіювально-фрезерний верстат з метою виконання полістиролової моделі, що дає можливість майже безпомилково скоригувати проект. Ця корекція потім вводиться у ЕОМ.

Алгоритми технологічної програми дозволяють отримати на екрані дисплея зображення не лише штамп, а й деталі у різних стадіях. При застосуванні ЕОМ, дисплея та графобудівника можна отримати робоче креслення штамп.

Автоматизація як полегшує і прискорює конструкторські роботи, а й створює інші переваги, як наприклад:

- легкість отримання еталонного зводу даних, і можливість застосування його для всіх інших робіт;
- точність та повнота еталонного зведення даних, що дозволяє його використовувати відповідно до конкретних потреб;
- зниження загальних витрат на виготовлення кузова, тощо.

Значення автоматизації конструкторських робіт дедалі більше зростає у зв'язку з вимогами до нових моделей або модернізованих кузовів. Багато питань не можна було взагалі вирішити традиційними методами проектування.

14 ГЕОМЕТРІЯ ПОВЕРХНІ КУЗОВА

Проблеми поверхні кузова та його форми є одними з найістотніших проблем кузовобудування. Тіло кузова, обмежене поверхнею обшивки, визначає зовнішній вигляд автомобіля за допомогою форми, силуету, плавності ліній та поверхонь. За їхньої взаємної пропорційності виникає відчуття повної гармонії.

Проробляючи компоновання кузова, перспективне креслення та модель форми, слід враховувати співвідношення між кривими, а також принципи побудови поверхонь, обмежених цими кривими. Модель форми стає потім вихідною базою для детальної розробки поверхні кузова та визначення характерних розмірів.

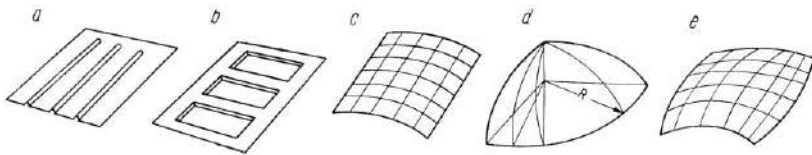
14.1 Типи поверхонь кузова

Поверхні кузова автомобіля можуть бути плоскими, лінійними та криволінійними.

14.1.1 Плоскі поверхні

Плоскі поверхні найпростішого типу не застосовують у кузовобудуванні через неможливість досягнення забезпечення відповідних механічних та архітектурних властивостей.

Якщо ж, втім, дуже рідко, плоска поверхня і допускається як елемент обшивки, то площинність втрачається через застосування місцевих заглиблень (рис.14.1 а).



а – плоска з виступами; б – плоска з поглибленнями;
в – лінійна, отримана рухом прямої лінії; г – криволінійна поверхня обертання; е – складна криволінійна зі змінними утворюючими

Рисунок 14.1 – Типи поверхні кузова

Ці поглиблення збільшують жорсткість обшивки, оберігаючи її від вібрацій та короблення. Що стосується форми, корпус який

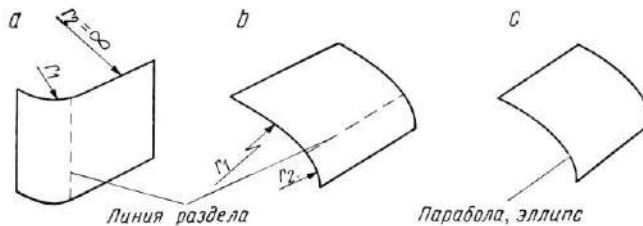
має таку поверхню, є технологічно важкоздійсненним. Плоскі поверхні з місцевим посиленням мають внутрішні несучі елементи кузова.

Це є найкращим рішенням, так як відповідними поглибленнями, що збільшують жорсткість, можна регулювати розподіл сил, напруги та частоту власних коливань. Крім того, зміцнені плоскі поверхні дуже добре відповідають схемам напівоболонкових конструкцій.

14.1.2 Лінійчасті поверхні

Найпростішою прийнятною формою поверхні є лінійна поверхня, тобто така, що має кривизну лише в одному напрямку (рис. 14.1, с). Такі поверхні мають автобуси та інші автомобілі з великими кузовами вагонного компонування.

Не слід застосовувати лінійчасті поверхні, які мають кривизну певного радіусу, оскільки у місцях з'єднання двох поверхонь різної кривизни переходи нічого очікувати плавними, тобто буде перелом у лінії з'єднання (рис. 14.2).



а та б – неправильно (неплавно);
с – правильно (плавно)

Рисунок 14.2 – Виконання переходів
поверхонь різної кривизни

Тільки в окремих випадках вдається приховати перехід між такими поверхнями широкою декоративною накладкою. Тому форма переходу має бути параболічною, еліптичною тощо. Крім покращення естетичних якостей кузова усунення перелому поверхні підвищує вібростійкість.

Кривизна лінійних поверхонь повинна бути підібрана так, щоб на поверхні обшивки в місцях стику не утворювались

западини або хвилі. Навіть невеликі місцеві несплавності поверхні оптично збільшуються через відблиски після фарбування і створюють погане враження.

14.1.3 Вигнуті поверхні

Переважає більшість кузовів автомобілів розроблені з використанням криволінійних поверхонь, що забезпечує прийнятну гладкість поверхні всього кузова. Криві, що визначають поверхню кузова, повинні вибиратися дуже ретельно, з повним знанням побудови криволінійних поверхонь.

Особливу увагу слід звертати на те, щоб побудова поверхонь всього кузова ґрунтувалася на одному сімействі кривих, тоді автомобіль може справити враження приємною плавністю ліній, являючи собою гармонійну цілісність.

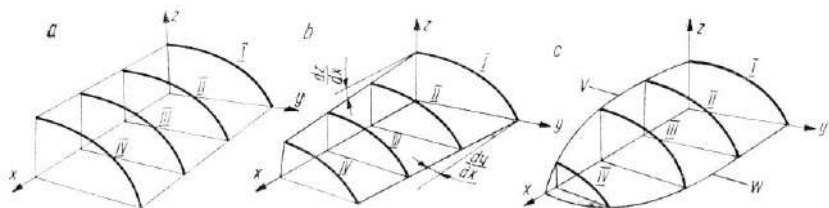
Проблема створення криволінійних поверхонь відомим способом, а потім визначення координат точок кривих є однією з найважчих проблем. Вона важлива з погляду проектів форми та для технології. Проект форми повинен містити всі розміри, що характеризують поверхню тіла кузова, що необхідно для визначення багатьох отворів і вписування в простір кузова різних конструктивних елементів.

Проектування штампів та інших інструментів неможливе без знання точних розмірів тіла кузова. Теорія побудови криволінійних поверхонь є дуже великою і складною. Розглянемо кілька основних понять, а також способів побудови та обмірювання поверхонь кузова, достатніх для виконання горизонтальних розрізів поверхні кузова.

14.2 Залежності між кривими

Є три основні геометричні залежності між кривими: рівність, подібність і спорідненість (колінеарність). На рис. 14.3 а представлена крива I, по відношенню до якої криві II, III і IV геометрично рівні.

Геометрична подоба, звана іноді фотографічною, буде у тому випадку, коли основна, тобто основна вихідна крива I змінюється пропорційно, утворюючи криві II, III і IV (рис. 14.3, б). Похідні точок лінійчастої поверхні постійні для серії перерізів.



a – рівність, b – подоба; c – спорідненість

Рисунок 14.3 – Геометричні залежності між кривими

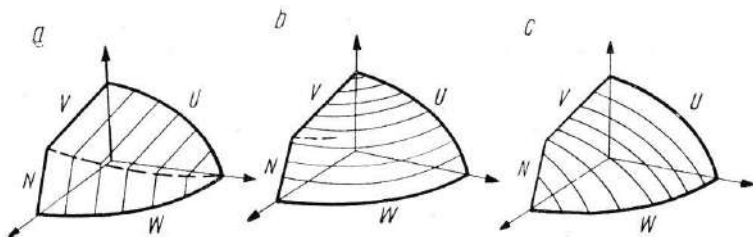
У більшості кузовів криві мають геометричну спорідненість (рис. 14.3 c). Крива I перетворюється на криві II, III і IV залежно від характеру кривих V і W якими переміщуються крайні точки кривої I. Похідні відповідних точок мають змінні значення.

14.3 Побудова поверхонь

Можливість отримання різних поверхонь тіла при побудові кривих колінеарних називається ступенем свободи колінеарності. Вона визначається залежністю отриманої поверхні від вибору вихідної (основної) кривої.

14.3.1 Вихідна крива

Вибір з кривих вихідної дуже важкий, оскільки потребує великої практики (рис.14.4).



a – крива V, поверхня із постійною гранню;
b – крива W, поверхня зі зникаючою гранню;
c – крива V, поверхня зі зникаючим кутом

Рисунок 14.4 – Вплив вибору вихідної кривої на поверхню тіла

Щоб отримати найкращу за формою поверхню, бажані, якщо дозволяють час та засоби, проведення кількох пробних опрацювань поверхні і наступна перевірка їхнього зовнішнього вигляду на натурному макеті.

Простіше перевірити характер поверхні, описаної математично, спостерігаючи її на екрані дисплея. Число ступенів свободи визначається можливою кількістю вихідних кривих. Так, поверхня, обмежена двома кривими, може мати два ступені свободи, трьома – три, чотирма – чотири, тощо.

Вибір вихідних кривих дуже важливий, оскільки ці криві є лініями, що характеризують лінії форми та розподіл поверхні кузова на ділянки.

14.3.2 Області поверхонь

Поділ поверхні кузова на окремі ділянки пояснюється наступним:

1) необхідністю передбачити дверні, віконні отвори, тощо, для функціональності кузова;

2) технологією складання кузова, що передбачає ряд деталей які штампуються, лінії розділу яких приховати неможливо, але вони необхідні для розробки окремих деталей, що штампуються;

3) можливістю розробки форми поверхні кузова лише поверхонь, які змінюють знака похідної.

З наведених вище міркувань вихідними кривими зазвичай стають природні лінії кузова (рис. 14.5). Це можуть бути габаритні лінії, лінії підсилюючих заглиблень та кромки отворів.

Від вихідних кривих залежить число креслень графічної розробки поверхні чи підпрограм з використанням математичних методів.

14.4 Модельний метод побудови поверхні

Найстарішим методом визначення розмірів поверхні кузова є підгонка шаблонів до моделі та перенесення шаблону на плаз. Робота по пригонці великої кількості шаблонів дуже трудомістка, а перерізи поверхонь кузова, паралельні площинам проєкцій, недостатньо точні. Отримане пласке креслення поверхні кузова характеризувалося численними неплavnими переходами. В результаті виникали труднощі при виготовленні деталей, що

штампуються, так як через неплавність поверхонь часто виникали розриви нерівномірно витягнутого листа.

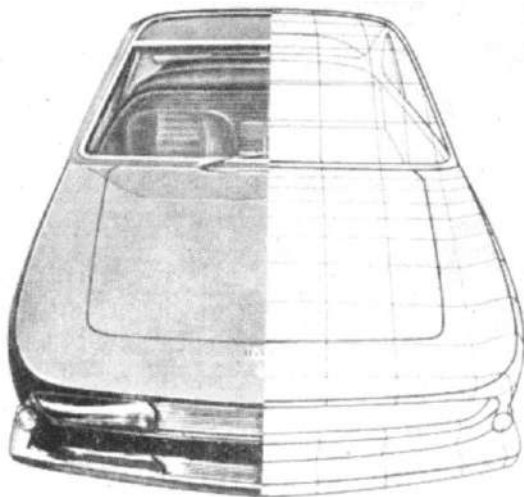


Рисунок 14.5 – Поверхня автомобіля «Triumph TR7»
(вихідні криві позначені товстими лініями)

Для зменшення трудомісткості роботи пригін шаблонів замінювали вимірюванням координат кривизни кузова за допомогою пересувних рейок.

Цей спосіб, однак, не усував помилки в розмірах, причиною

яких була недосконалість, як техніки вимірів, так і вимірювальних рейок що їх спрямовують, самої моделі. Отримані перерізи потрібно було коригувати задля досягнення плавності ліній, що відповідає естетичним і технологічним вимогам. Корекцію кривих виконували графічно.

Існує багато методів, за допомогою яких можна не тільки скоригувати певний кривий пучок, але і розробити всю поверхню кузова.

14.5 Графічні методи побудови криволінійної поверхні

У проектних бюро різних кузовних заводів застосовуються створені ними графічні методи побудови криволінійних поверхонь, як, наприклад, методи послідовних наближень, параболічних відрізків, кривих, пропорційних одній або декільком кривим, тощо.

Дані методи не входять до програми курсу накреслювальної геометрії технічних навчальних закладів. У зв'язку з цим виникають значні труднощі у термінології. Однак можна сподіватися, що надалі ця галузь геометрії набуде розвитку.

14.5.1 Метод послідовних наближень

Неплавність зміни координати, яка визначається серією кривих у площині yz , коригують серією нових кривих у цій площині (рис. 14.6).

Серії кривих у площині yz отримують шляхом зняття шаблонів з моделі або проекту поверхонь, в яких закладено сімейство кривих. Після двох-чотирьох наближень можна отримати відносно плавну поверхню.

Отримана поверхня характером може відрізнитися від початкової. Це є суттєвим недоліком методу, якщо конструктор ґрунтується на певному характері поверхні кузова.

Метод послідовних наближень графічно трудомісткий. На одному кресленні виникає кілька серій кривих, тому що попередні криві прибирати не можна, бо вони можуть знадобитися для подальшої корекції. Тому криві окремих етапів наближення зазвичай виконують різними кольорами.

моделі (майстер-моделі), а за ними, у свою чергу, штампи та необхідне обладнання.

Креслення перерізів із зазначенням відстані від бази, є одними з найважливіших у документації бюро проектів. За ними перевіряють та затверджуються майстер-моделі. На них також ґрунтуються всі подальші процеси конструювання кузова, розробки технології його виготовлення та збирання.

14.6 Аналітичні методи побудови поверхонь

Дуже трудомістка і важка навіть у масштабах автомобільних заводів-гігантів, графічна розробка поверхні кузова, викликала перехід до більш продуктивної аналітичної системи, що включає математичний опис поверхні, заснований на використанні диференціальних рівнянь, тензорного обчислення із застосуванням обчислювальної техніки.

14.6.1 Математичний опис поверхні

Математичний опис поверхні кузова можливий в тому випадку, якщо на ньому відсутні спеціальні точки, приватна похідна в яких дорівнює нулю. Це означає, що ділянка поверхні виникає з прямокутника шляхом розтягування, стиснення, вигину, проте без розриву і склеювання.

Початковим етапом математичного опису є розподіл повної поверхні кузова на ділянки, виділені таким чином, що кожен з них характеризується похідною, яка не змінює знаку. Математичний опис може бути виконаний у параметричній або апроксимаційній формі.

14.6.2 Обчислювальна техніка для математичного опису

Тільки електронна обчислювальна техніка дозволяє практично використовувати переваги математичного опису поверхні кузова. В якості вихідних математичних описів можуть бути різні дані, починаючи від моделі і закінчуючи перспективним зображенням.

Використання моделі архітектури кузова було описано під час обговорення автоматизації процесу проектування. Модель, зрештою, не потрібна, тому що в ЕОМ можна ввести алгоритми основних ліній кузова і отримати на екрані дисплея довільну

проекцію тіла кузова з трьома системами паралельних перерізів довільної системи координат.

Можливості ЕОТ найповніше використовуються, якщо вихідними даними є перспективна проекція кузова. За допомогою системи ЕОМ-дисплей по перспективній проекції або навіть ескізу отримують дані і перетворюють їх у будь-які проекції. Застосування графобудівника дозволяє отримати пласке креслення кузова.

14.6.3 Роль конструктора

На початковому етапі розвитку ЕОТ уявлялося, що роль конструктора кузова зменшується при автоматизації процесу проектування. Але незабаром виявилось протилежне.

Звичайно, математики складають програми, але за допомогою лише знань математиків не можна вирішити проблеми кузовобудування.

Без конструкторської думки (software) ЕОТ являє собою лише «мертвий предмет» (hardware). Вимоги до сучасних проектувальників у цьому разі значно вищі, ніж за інших методів проектування.

Сучасний конструктор-кузовник повинен бути здатним давати швидкі відповіді і повинен логічно мислити, а це не завжди можливо.

15 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КУЗОВА

Зазвичай застосовувана технологія виготовлення металевого кузова передбачає операції формоутворення деталей, підбирання, фарбування та складання.

Неможливо сформулювати суворі технологічні принципи через різноманітність форм кузовів. Існують, однак, деякі загальні принципи обробки тиском та складання тонкостінних конструкцій, яких слід дотримуватися під час проектування, щоб кузов був економічним у виробництві.

Технологічність кузова, та й автомобіля в цілому, бо кузов – це кістяк для складання всіх інших елементів, визначається комплексними процесами проектного колективу.

У разі штучного поділу на конструкторські та технологічні роботи конструктори повинні враховувати основні, перелічені нижче технологічні вказівки.

15.1.1 Вказівки щодо виготовлення листових деталей

В основному деталі кузова виготовляють штампуванням. Однак застосовується і багато інших операцій, таких як розмітка, різання, гнучка, витяжка, правка, свердління і т.п.

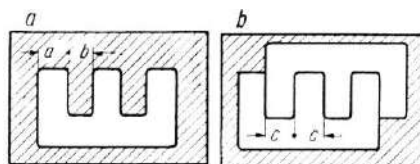
Пластичним деформуванням можна набути практично будь-які форми. Вироби при цьому відрізнятимуться один від одного лише вартістю виготовлення.

Загальні основи формоутворення листового матеріалу найкраще розглянути за такої послідовності операцій обробки тиском: різання, вирубування, згинання, штампування та витяжка. При підвищенні вимог до точності штампувань значно збільшується їхня вартість. Допуски можна розширити без шкоди для кузова, застосовуючи відповідні відбортуння.

Щодо кута отбортовки у деталей, що штампуються, потрібно також пам'ятати, що відхилення завжди існують через зазор між матрицею і пуансоном штампа.

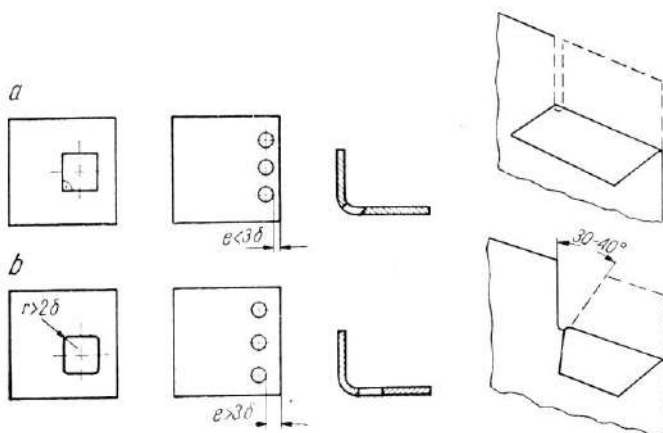
Ідеальний кут прямий або інший, заданий, можна отримати шляхом калібрування штампованої деталі, але це підвищує вартість виготовлення деталей та окупається лише для деяких із них. При вирубуванні деталі дуже важливо забезпечити економію матеріалу. Надто великі відходи значно збільшують вартість

виробу (рис. 15.1). Розкрій листа залежить від співвідношення розмірів деталі, при цьому слід враховувати стійкість ножа вирубного штампу (рис. 15.2).



a – нераціональні розміри; b – раціональні розміри

Рисунок 15.1 – Вплив розмірів деталі кузова, що штампується, на величину відходів



a – неправильне; b – правильне

Рисунок 15.2 – Вирубвання

Наявність гострих елементів викликає швидке затуплення інструменту. Довговічність вирубного штампу буде поганою, якщо отвори розташовані близько від краю листа і особливо на згинах, або якщо товщина ножа невелика.

При згинанні треба дотримуватися правил: внутрішній радіус вигину повинен бути більше товщини листа, висота країв, що відгинаються, більше потрібної товщини листа.

Гнучку потрібно передбачати в одному напрямку, якщо

кромок, що відгинаються, кілька. Ділянки що відгинаються повинні бути перпендикулярні контуру деталі, це усуне зміщення.

При штампуванні листів необхідно, щоб не виникало концентрації напруги. Це особливо важливо для великих та середніх деталей, у яких є додаткові поглиблення, що підвищують зміцнення поверхні.

Часто застосовують, наприклад, хрестоподібні поглиблення, що знімають із значної частини поверхні листів напруги. Те саме відноситься і до прямолінійних заглиблень. Лише криволінійні поглиблення забезпечують рівномірний розподіл напруги в листі і відповідну його жорсткість.

Подовження при штампуванні не повинно перевищувати 25 % вихідної довжини при місцевому зміцненні, а висота відбирання кромки отвору – 30 % його діаметра.

Конфігурація деталі, що штампується, повинна максимально наближатися до заданої і забезпечувати раціональний розкрій листа. Наприклад, при часто застосовуваному для зменшення ваги зміни висоти балки, небажана часткова зміна конфігурації, а краще зберегти плавність контуру і ввести отвори, що полегшують.

Масу деталі, що штампується, можна зменшити також підвищенням жорсткості лінії вигину полиць, що сприймають корисне навантаження. Це дозволяє відмовитися від додаткової полиці, що посилює весь профіль.

Часто під час проектування деталей пред'являються надто високі вимоги до обробки окремих частин деталі. Класичним прикладом є примітка на кресленні про притуплення гострих кромок, що призводить до ручного доведення.

15.1.2 Вказівки щодо проведення операцій складання

Існує багато з'єднань для складання корпусів. Вибір типу з'єднання – важливе питання компоновання не тільки кузова, але і всього автомобіля з урахуванням витрат на технологічне обладнання та складності трудомісткості.

З'єднання корпусу кузова ділять на роз'ємні та нероз'ємні. Для роз'ємного з'єднання несучих деталей застосовують болти діаметром більше М8 (як виняток діаметром М6) та різні різьбові

заклепки.

Нероз'ємні з'єднання можуть бути виконані без нагрівання або з нагріванням. Для нероз'ємного з'єднання деталей, яке виконується без нагрівання, використовують заклепки. Залежно від доступу до деталі застосовують заклепки з різними головками і нижніми частинами, що розклепуються, порожнисті або трубчасті, що деформуються при витягуванні сердечника, заклепки, що деформуються за допомогою гвинта.

Для нероз'ємного з'єднання, яке виконується з нагріванням, використовують різного роду зварювання, у тому числі точкове. Газовим або дуговим зварюванням зварюють листи товщиною вище 1,0 мм, зазвичай 1,2 мм, що визначається коробленням листів, що знижує міцність з'єднання, наявністю виїмок по краях шва і великими тепловими деформаціями листів, що зварюються.

З цих міркувань не застосовують стикові, кутові, Т-подібні і хрестоподібні з'єднання, а тільки використовують з'єднання внахлестку, з накладкою і відбортовкою. Продуктивність дугового та газового зварювання становить приблизно 0,25 м/хв при товщині шва 3 мм.

Дугове зварювання в газовому середовищі (CO_2 , аргон) зменшує теплову деформацію внаслідок перетікання металу з електрода на з'єднання при частоті імпульсів струму 100-200 в секунду. Для зварювання тонких листів застосовують дріт діаметром 0,6-1,0 мм з матеріалу листа з компонентами, що розкислюють (флюсами).

Змінюючи форму електродів зварювального апарату, можна отримати шовне або точкове зварювання. Зварювання цими методами забезпечує високу якість з'єднань та практично недеформованість матеріалу. Зварювальні напівавтомати доцільно використовувати у дрібно- та середньосерійному виробництві. Продуктивність напівавтоматів залежить від товщини листів.

Найбільш ефективним способом з'єднання штампованих деталей металевого кузова, що забезпечує велику продуктивність та незначні теплові деформації листів, є контактне електричне точкове або шовне зварювання. Зварювання можна автоматизувати, застосовуючи багателектродні зварювальні автомати. Шовне зварювання також забезпечує більшу

продуктивність і, крім того, герметичність з'єднання, але його можна застосовувати лише для певних зварних вузлів.

Найбільш поширеним різновидом контактного зварювання є точкове зварювання, яке виконується з використанням підвісних зварювальних кліщів. Кузов легкового середнього класу або розвізного автомобіля налічує від 6 000 до 10 000 точок зварювання (крім того, треба враховувати, що додаткові або кінцеві зварні з'єднання, довжина яких складає в кузові автомобіля середнього класу при дуговому зварюванні 2-5 м та при газовому 1-2 м).

Дуже суттєвим є також конфігурація з'єднань щодо легкості доступу до них та форма електрода. З'єднання ділять на доступні, доступні з утрудненим доступом і важкодоступні.

Для з'єднань із утрудненим доступом та важкодоступних необхідно застосовувати електроди спеціальної форми, які ускладнюють дії зварювальника та викликають швидке зношування інструменту.

Спеціальні фасонні електроди, на відміну від звичайних, можуть мати різну форму. Легкість виконання з'єднання залежить від групування деталей кузова в складальні одиниці. Навіть дуже кваліфікований зварювальник не виконає роботу добре, якщо це не забезпечується формою деталей та їх розташуванням.

Найбільш переважними є з'єднання, доступні зовні, з полицями відповідної ширини. При недостатній ширині полиць потрібно часто заточувати електроди, а також відбувається шунтування струму, в результаті чого швидко зношується інструмент, зростають витрати енергії і погіршується якість зварювання.

15.1.3 Вказівки щодо покриттів корпусу

Під поняттям «забарвлення» розуміють всі операції обробки поверхні корпусу, дверей та даху кузова, тобто миття, шпаклювання, ґрунтування, герметизація та нанесення фарби.

Для виконання операцій фарбування потрібно передбачати у кузові вихідні отвори, які після здійснення останньої операції закривають пластмасовими або гумовими пробками. Крім того, необхідно, щоб поглиблення, що надають твердість

горизонтальним елементам кузова, не перешкоджали стіканню фарби.

Слід також пам'ятати, що існують струмопровідні фарби і якщо планові витрати дозволяють, можна застосовувати ці фарби для фарбування деталей або вузлів перед складанням.

Це значно підвищує довговічність кузова, але ускладнює транспортування деталей та їх складання, оскільки можна пошкодити покриття. Розрахунок трудомісткості залежить від підбору лакофарбових матеріалів та виконується спільно відповідними фахівцями.

15.1.4 Вказівки щодо обробки кузова

Обладнання кузова потрібно встановлювати таким способом, щоб не пошкодити лакофарбове покриття. Кріплення елементів обладнання, а також несучих панелей зовнішньої та внутрішньої обшивок виконується в основному без нагріву.

До деталей кріплення насамперед відносяться гвинти, що ввертаються в листи, і різні клямки, тобто кріплення що легко розбираються.

Для з'єднання деталей використовують також клеї. Кріплення можуть бути і нерозбірні, у формі заклепок. Є ряд оригінальних рішень в області розбірних кріплень, багато з них захищені патентами. Однією з особливостей оздоблення кузова є використання захисних прокладок, зокрема антикорозійних.

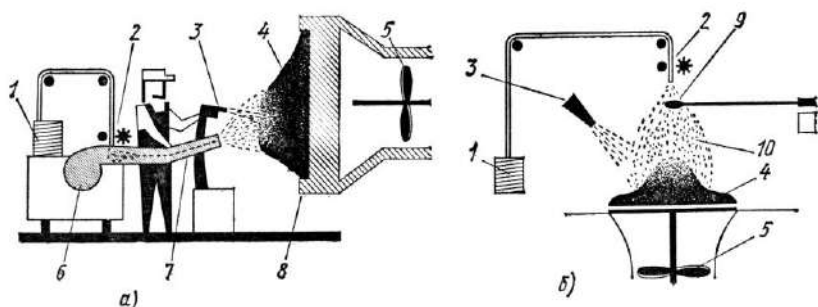
15.2 Виготовлення кузовів зі склопластиків

З впровадженням виробів зі склопластиків перед автомобілебудівними підприємствами, що займаються виробництвом автомобільних кузовів у малому обсязі, відкрилися широкі перспективи в галузі конструювання.

Це однаково стосується і виробництва кузовів автомобілів із середнім обсягом випуску, таких як «Шевроле Корвет» (Chevrolet Corvette), а також кузовів пізніших моделей. Вартість обладнання для виробництва кузова «Корвет» складає лише 1/10 вартості обладнання для виробництва аналогічного металевого кузова.

Для випуску 90 металевих кузовів на день використовуються спеціальні металеві прес-форми, що працюють при тиску 0,86-2,76 МПа та температурі 102-149°C. Затвердіння склопластику

під час виготовлення кузова займає 2-5 хв. Як показано на рис.15.3, попередній склоармуючий каркас створюється шляхом напilenня нарубаних ниток і сполучної смоли на екран, що обертається, якому надається необхідна форма. Для пологих форм із простими криволінійними контурами зазвичай використовується склоармуюча сітка.



а – дугтя; б – всмоктування

1 – скловолокниста рівниця; 2 – пристрій для автоматичного різання волокон; 3 – форсунка для розпилення сполучної смоли; 4 – екран що обертається, для формування заготовки; 5 – витяжний вентилятор;

6 – повітрорудка; 7 – гнучкий шланг;

8 – стіл, що обертається; 9 – розподільний пристрій, що обертається; 10 – нарізані скляні волокна

Рисунок 15.3 – Два методи виготовлення заготовок зі склопластику

Сполучні смоли наносяться у вигляді емульсії або напильються, потім заготовка поміщається на 2-3 хв в сушильну камеру, в якій підтримується температура 110°C, і потім встановлюється на модельну форму тієї чи іншої деталі.

При виготовленні кузова автомобіля «Корвет» потрібно загалом 89 модельних форм, що набагато менше від кількості прес-форм, необхідних для отримання ідентичного металевого кузова.

Відсотковий склад склопластикової суміші, що йде на виготовлення заготовок для типових сильно навантажених деталей автомобіля, зводиться в основному до:

- скловолокно 40 %;
- смола 40 %;
- мономер 0,41 %;
- каталізатор 0,41 %;
- заповнювач 16,50 %;
- мастильна речовина 0,08 %;
- сполучна речовина заготовки 2 %.

Показники міцності та жорсткості склопластику такого складу мають такі значення:

- межа міцності при розтягуванні 165 МПа;
- модуль пружності 9,65 ГПа;
- модуль зсуву 1103 МПа;
- відносне подовження при розтягуванні 2 % та опір втоми при згині для 107 циклів навантаження складають 15 % межі міцності.

Можна підвищити значення характеристик склопластику на 10 %, якщо збільшити вміст скла до 45 % одночасно зі збільшенням гнучкості смоли.

Руйнування деталі із пластичного матеріалу відбувається при напрузі, що відрізняється від межі міцності при розтягуванні або стисненні. Це відбувається при перевищенні міцності на вигин або в результаті поперечного розтріскування.

У склопластику також не існує межі плинності, і з досвіду відомо, що слабкі удари викликають тільки пружну реакцію у відповідь матеріалу; руйнування настає при обмеженому рівні напруги, але не при якому-небудь одному постійному значенні.

Порожні перерізи, що працюють на вигин, схильні більшою мірою руйнуватися в зоні розтягування, ніж втрачати стійкість, тому для класифікації склопластиків межа міцності при розтягуванні приймається за основний критерій.

Товщину стін бажано вибирати малою при використанні модельних форм, так як це відбивається на витратах на матеріали і часу циклу затвердіння. Товщину стінок t слід вибирати в межах діапазону $0,8 < t < 6,4$ мм. У разі необхідності перевищити верхню межу товщини, це доцільно робити шляхом збільшення шару в'язучого матеріалу, що наноситься на форму.

При проектуванні слід прагнути такого об'єднання елементів

у модельної формі, щоб зменшувалися виробничі витрати та усувалися концентратори напруг.

Необхідно використовувати подвійну кривизну для збільшення жорсткості та застосовувати плавний перехід від однієї кривої до іншої для кращого укладання волокон та усунення утворення повітряних міхурів.

Для глибоких модельних форм, призначених для витяжки заготовок, бажано забезпечувати максимально можливу конусність, уникати різноманітних ступінчастих змін перерізів, внаслідок чого буде додатково полегшено знімання готових виробів з модельної форми.

З метою збільшення місцевої жорсткості та міцності передбачають ребра у модельній формі, а також порожні перерізи та легкі вкладиші.

Оскільки концентрація напруг у склопластиках не може бути зменшена пластичною деформацією, слід застосовувати широкі прокладки та металеві вкладиші для більш рівномірного розподілу зсувних та згинальних навантажень у точках кріплення.

Прийнято наступні мінімальні значення коефіцієнтів запасу:

2 – для короточасного статичного навантаження,

4 – для тривалого статичного та змінного навантаження одного напрямку,

5 – для повторюваного та знакозмінного навантаження,

10 – для ударних навантажень.

15.2.1 Втома склопластиків

Довговічність склопластику, що визначається втомою, дорівнює приблизно 106 циклів симетричного знакозмінного навантаження з середньою амплітудою напруги, що змінюється в діапазоні 20-35 % середнього значення межі міцності.

Вивчення природи втомного руйнування склопластику показало, що в склопластику, навантаженому в напрямку розташування головних армуючих скловолокон, відбувається розшарування волокон і смоли в напрямку, майже перпендикулярному до центральних волокон

Причому руйнування настає при відносній деформації 0,3 % у разі статичного навантаження деформації 0,14 % у разі 106

циклів симетричного знакозмінного навантаження.

Розвиток руйнування, що відбувається в склопластиках, можна простежити за кривими втоми, представленими в спеціальній літературі, і конструктору необхідно вибрати відповідний, для конкретного випадку застосування умов руйнування.

15.2.2 Конструкції, що виготовляються з тришарових панелей

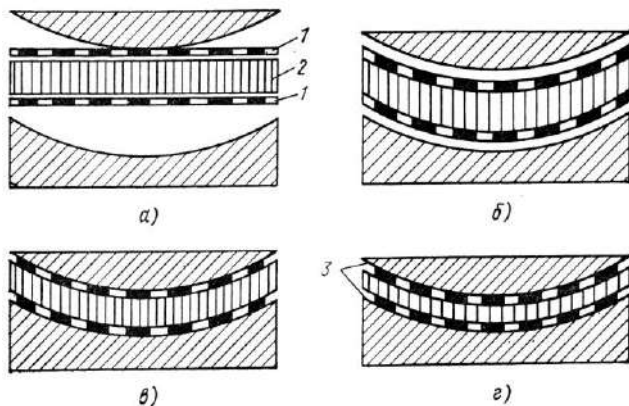
Одним із способів посилення жорсткості панелей зі склопластиків є застосування тришарових панелей, що стало можливим в результаті використання при формуванні заповнювача. В основі цього технологічного процесу лежить застосування заповнювача, що складається з пінистої маси стільникової структури, просоченої смолою.

Заповнювач у вигляді прошарку укладається між сухими скловолокнистими несучими шарами. Такий тришаровий «пиріг» міститься між пуансоном і матрицею прес-форми, які стискають заготовку до тиску формоутворення, що досягає всього 98-196 кПа. Пінистий матеріал поводить себе подібно до губки, тому в процесі формування смола видавлюється з пористого заповнювача і просочує волокна. Так як несучі шари зосереджені на зовнішніх поверхнях виробу, ці шари в основному визначають згинальну жорсткість. Жорсткість тришарової конструкції змінюється в залежності від ступеня стиснення в прес-формі (рис.15.4 а-г).

Іншим варіантом описаного технологічного процесу може бути наступний процес. Попередньо відформований заповнювач із пінистого матеріалу поміщають між робочими елементами прес-форми, один з яких жорсткий, а інший пружний, наприклад, наповнена рідиною посудина з м'якого матеріалу, за допомогою якого підтримується постійний тиск.

Технологія формування тришарових елементів застосовується для термопластиків. Одним із найбільших шаруватих виробів, виготовлених таким способом, є капот автомобіля «Бі-ель-ем-сі 1100» (BLMC) розміром 1,12 x 0,91 м.

Маса термопластикового капота становить 4,41 кг на відміну від маси металевого. капота, що дорівнює 9,8 кг.



- 1, 3 – відповідно сухий і просочений смолою
скловолокнистий несучий шар;
2 – пінистий заповнювач, просочений смолою

Рисунок 15.4 – Формування тришарової панелі
за допомогою заповнювача

Для несучої обшивки кузова використовувався поліпропілен, а як інертний заповнювач – пінистий поліпропілен. З метою збільшення питомої жорсткості, може бути використане армування обшивки скляними або азбестовими волокнами.

При проектуванні конструкцій із термопластиків необхідно враховувати повзучість цих матеріалів, що полягає в поступовому наростанні деформацій при дії постійно доданого навантаження.

У зв'язку з цим деформації не можуть бути однозначно представлені у вигляді функції напруги, за винятком обмеженого за часом періоду навантаження, для якого можливий наближений опис реальної поведінки матеріалу. Однак при малих деформаціях, певні пластики можна розглядати як такі, що мають лінійну в'язкопружність.

При підході до розрахунку конструкцій за так званою псевдопружною схемою виходять із результатів розрахунку конструкції за пружною схемою звичайними методами. З цих розрахунків потрібно підібрати відповідні значення модулів

пружності. Подальший етап розрахунку полягає у виборі функціональної залежності для модуля пружності даної деталі, у встановленні наступних параметрів умов експлуатації: очікуваного ресурсу та максимально допустимої експлуатаційної температури.

Наступний крок полягає у розгляді випадку найбільш напруженої експлуатації, коли деталь безперервно працює при максимально допустимій температурі та дії постійно доданого навантаження.

Потім вибирається величина модуля пружності при повзучості для випадку розтягування з урахуванням максимальної деформації, експлуатаційної температури, а також встановлених заводських даних запасів. Формула для обчислення деформації береться зі звичайної методики розрахунку деформацій, останнє визначається за значенням експлуатаційної напруги або пружності модуля при повзучості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Michael Blundell. The Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics. Waltham : Elsevier, 2015. 756 p.
2. Lorenzo Morello. The Automotive Body. Vol. 1: Components Design. New York : Springer Science, 2011. 692 p.
3. Lorenzo Morello The Automotive Body. Vol 2: System Design. New York : Springer Science, 2011. 578 p.
4. Omar M. The Automotive Body Manufacturing Sysys. and Processes. Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2011. 384 p.
5. Проектирование автомобиля : учеб. пособие / Е. У. Исаев и др. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. 260 с.
6. Автомобили. Основы проектирования. Минск : Выш. шк., 1987. 151 с.
7. Афанасьев Л. Л. Конструктивная безопасность автомобиля. М. : Машиностроение, 1981. 368 с.
8. Аэродинамика автомобиля. М. : Машиностроение, 1987. 424 с.
9. Бабіч Б. С., Лущик В. В. Технічне обслуговування й ремонт металевих кузовів автомобілів. К. : Либідь, 2001. 459 с.
10. Безопасность конструкции автомобиля. М. : Машиностроение, 1985. 160 с.
11. Вильжер И., Николя Жан Пьер Технология ремонта кузовов легковых автомобилей. М. : Машиностроение, 1988. 471 с.
12. Гельфгат Д. Б. Прочность автомобильных кузовов. М. : Машиностроение, 1972. 144 с.
13. Долматовский Ю. А. Автомобиль за 100 лет. М. : Знание, 1986. 235 с.
14. Долматовский Ю. А. Основы конструирования автомобильных кузовов. М. : Машгиз, 1962. 319 с.
15. Кац А. М. Автомобильные кузова : Техническое обслуживание и ремонт. М. : Транспорт, 1986. 272 с.
16. Кобус В. И. Современные методы ремонта кузовов легковых автомобилей. М. : Транспорт, 1991. 175 с.
17. Малышев Г. А. Увеличение долговечности автомобильных кузовов. Конструктивные и технологические меры. М. : Машиностроение, 1966. 219 с.
18. Малышев Г. А., Бреймерман Л. С. Ремонт автобусных

- кузовов. М. : Автотрансиздат, 1963. 236 с.
19. Малышев Г. А., Езерский А. Н. Применение пластмасс при ремонте кузовов автомобилей. М. : Автотрансиздат, 1960. 113 с.
 20. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль. М. : Машиностроение, 1987. 320 с.
 21. Муссельвайт Б., Джекс Б. Тюнинг автомобиля. Руководство. С. Петербург : Алфамер Паблишинг, 2003. 184 с.
 22. Павловский Я. Автомобильные кузова. Машиностроение, 1977. 544 с.
 23. Портер Л. Автомобильные кузова. Руководство по ремонту. С. Петербург : Алфамер Паблишинг, 2002. 288 с.
 24. Родионов В. Ф., Фиттерман Б. М. Проектирование легковых автомобилей. М. : Машиностроение, 1980. 479 с.
 25. Рэндл С. Автомобильные кондиционеры. Руководство. С. Петербург : Алфамер Паблишинг, 2002. 128 с.
 26. Синельников А. Ф. Окраска и противокоррозионная обработка. М. : Машиностроение, 1993. 128 с.
 27. Синельников А. Ф. Устранение коррозионных повреждений кузова. Ремонт кузова легкового автомобиля. М. : Машиностроение, 1993. 208 с.
 28. Тер Мкртчян. Теория и расчет рамы автомобиля. Л. : Машиностроение, 1961. 115 с.
 29. Тесер Е. Кузова большегрузных автомобилей. М. : Машиностроение, 1979. 230 с.
 30. Технология изготовления автомобильных кузовов. М. : Машиностроение, 1979. 352 с.
 31. Фентон Д. Несущий каркас кузова автомобиля и его расчет. М. : Машиностроение, 1984. 199 с.
 32. Чеботаев А. А., Эднев С. Б. Съемные кузова автомобилей. М. : Транспорт, 1976. 95 с.
 33. Школьников М. Б. Расчет на прочность каркаса основания несущего кузова фургона. М. : Машиностроение, 1961. 112 с.
 34. Штробель В. К. Современный автомобильный кузов. М. : Машиностроение, 1984. 264 с.
 35. Михайловский Е. В. Аэродинамика автомобиля. М. : Машиностроение, 1973. 224 с.
 36. Рябчинский А. И. Пассивная безопасность автомобиля. М. :

- Машиностроение, 1983. 144 с.
37. Taylor D. Automotive upholstery handbook. USA : California Bill's Automotive Handbooks, LLC, 2001. 690 p.
 38. Thaddeus Martin. How to restore classic car bodywork. Dorchester : Veloce Publishing, 2013. 403 p.
 39. Brian Cantor. Automotive Engineering. Boca Raton : Taylor & Francis Group, LLC, 2008. 294 p.
 40. Fournier R., Fournier S. Sheet metal handbook. How to form and shape sheet metal for competition, custom and restoration use. Los Angeles : HP Books Inc., 1989. 127 p.
 41. James E. Duffy. Auto Body Repair Technology. USA : Delmar Cengage Learning, 2009. 1053 p.
 42. Jason C. Brown Motor Vehicle Structures Concepts and Fundamentals. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2002. 302 p.
 43. Jian Pang. Noise and vibration control in automotive bodies. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2019. 531 p.
 44. Kalyan Sehanobish. Engineering Plastics and Plastic Composites in Automotive Applications. Warrendale : SAE International, 2009. 50 p.
 45. Lindsay Porter. The Car Bodywork Repair Manual. A do it yourself guide. Somerset : Haynes Publishing Group, 1985. 293 p.
 46. Ron Fournier. Race and custom car metal fabricator's handbook. Tucson : HP Books Inc., 1987. 178 p.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Навчальне видання

**АРТЮХ Олександр Миколайович
ДУДАРЕНКО Ольга Василівна
КУЗЬМІН Віктор Володимирович
СОСИК Андрій Юрійович
ЩЕРБИНА Андрій Васильович**

АВТОМОБІЛЬНІ КУЗОВИ

ЧАСТИНА 1

Навчальний посібник

Технічні редактори: Авраменко А. А., Білостоцька А. О.,
Желізний О. І., Пругло А. М., Решетняк О. В.
Комп'ютерний набір: Авраменко А. А., Білостоцька А. О.,
Желізний О. І., Пругло А. М., Решетняк О. В.
Комп'ютерна верстка: Авраменко А. А., Білостоцька А. О.,
Желізний О. І., Пругло А. М., Решетняк О. В.

Підписано до друку 31.01.2022. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 16,97.
Тираж 100 прим. Зам. № 80.

Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.