

**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 2**

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 2 : навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 264 с.

ISBN 978-617-529-354-6

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 978-617-529-354-6

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

## ЗМІСТ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ .....                                                                                        | 8  |
| 1 Штамповка .....                                                                                  | 11 |
| 1.1 Класифікація штампованих кузовних деталей .....                                                | 11 |
| 1.1.1 Класифікація деталей за розмірами та<br>призначенням .....                                   | 11 |
| 1.1.2 Класифікація деталей за технологічними<br>характеристиками .....                             | 12 |
| 1.1.3 Технологічність конструкцій деталей кузова.....                                              | 16 |
| 1.1.4 Технологічне об'єднання або поділ деталей .....                                              | 20 |
| 2 Збирання-зварювання .....                                                                        | 22 |
| 2.1 Зварювальні кузовні конструкції .....                                                          | 22 |
| 2.2 Відпрацювання конструкції на технологічність.....                                              | 24 |
| 2.3 Забезпечення збирання та технологічності кузовів<br>(кабін) автомобілів .....                  | 26 |
| 2.4 Види зварювання.....                                                                           | 32 |
| 2.4.1 Точкове зварювання.....                                                                      | 32 |
| 2.4.2 Рельєфне зварювання.....                                                                     | 34 |
| 2.4.3 Шовне зварювання.....                                                                        | 35 |
| 2.4.4 Дугове зварювання.....                                                                       | 35 |
| 2.5 Конструктивні параметри точкового та рельєфного<br>зварних з'єднань.....                       | 36 |
| 2.6 Вимоги до якості точкового зварювання кузовних<br>конструкцій.....                             | 37 |
| 3 Технологічний процес збирання «чорного кузова»<br>(кабіни).....                                  | 39 |
| 3.1 Основні поняття про «чорні» кузова (кабіни).....                                               | 39 |
| 3.2 Технічні умови монтажу навісних складальних<br>одиниць та якість поверхні кузова (кабіни)..... | 39 |
| 3.3 Організація технологічного процесу складання<br>«чорного» кузова (кабіни).....                 | 41 |
| 3.4 Установка навісних складальних одиниць на<br>«чорний» кузов (кабіну).....                      | 43 |
| 3.5 Встановлення та регулювання капота по зазорах .....                                            | 46 |
| 3.6 Інструмент, що застосовується при<br>укомплектуванні кузовів (кабін) .....                     | 46 |

|        |                                                                |     |
|--------|----------------------------------------------------------------|-----|
| 4      | Забезпечення якості «чорних» кузовів .....                     | 48  |
| 4.1    | Контроль якості виготовлених «чорних» кузовів<br>(кабін) ..... | 48  |
| 4.2    | Виявлення дефектів на поверхні кузова .....                    | 49  |
| 4.3    | Рихтувальні операції .....                                     | 49  |
| 5      | Фарбування та нанесення спеціальних покриттів .....            | 53  |
| 5.1    | Загальні відомості про лакофарбові покриття .....              | 53  |
| 5.2    | Підготовка кузова до фарбування .....                          | 54  |
| 5.2.1  | Механічний спосіб підготовки .....                             | 55  |
| 5.2.2  | Хімічні методи підготовки .....                                | 55  |
| 5.3    | Нанесення лакофарбових та спеціальних покриттів .....          | 59  |
| 5.3.1  | Герметизація, шумоізоляція, теплоізоляція .....                | 70  |
| 6      | Сушка фарби та спецпокриття .....                              | 72  |
| 6.1    | Сушка пофарбованих кузовів і кабін .....                       | 72  |
| 7      | Технологічні процеси фарбування .....                          | 77  |
| 8      | Гальванічні покриття .....                                     | 79  |
| 8.1    | Загальні відомості .....                                       | 79  |
| 8.2    | Види гальванічних покриттів .....                              | 79  |
| 8.3    | Призначення підготовки поверхні .....                          | 81  |
| 8.4    | Види гальванічних покриттів .....                              | 87  |
| 9      | Деталі внутрішнього оброблення кузовів .....                   | 92  |
| 9.1    | Матеріали та основні технологічні процеси .....                | 92  |
| 10     | Остаточне збирання .....                                       | 94  |
| 10.1   | Загальні відомості про остаточне складання кузовів .....       | 94  |
| 10.2   | Конвеєрне складання кузовів .....                              | 97  |
| 10.2.1 | Організація конвеєрного складання .....                        | 97  |
| 10.2.2 | Вузлове складання деталей та складальних<br>одиниць .....      | 99  |
| 10.2.3 | Складання скла з ущільнювачами .....                           | 101 |
| 10.2.4 | Установка ущільнювачів дверей .....                            | 102 |
| 10.2.5 | Установка стелі .....                                          | 102 |
| 10.2.6 | Установка вітрового та заднього скла .....                     | 103 |
| 10.2.7 | Установка електропроводки .....                                | 105 |
| 10.2.8 | Додаткові роботи .....                                         | 106 |
| 10.2.9 | Установка сидінь .....                                         | 108 |
| 11     | Технологія експлуатації кузова .....                           | 109 |
| 11.1   | Корозія .....                                                  | 109 |
| 11.1.1 | Вказівки щодо консервації .....                                | 112 |

|        |                                                                                                  |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.1.2 | Вказівки щодо ремонту .....                                                                      | 113 |
| 12     | Попередні розрахунки кузова.....                                                                 | 115 |
| 12.1   | Загальні зауваження щодо розрахунку .....                                                        | 115 |
| 12.2   | Розрахунок кузова за методом кінцевих елементів.....                                             | 117 |
| 12.3   | Попередня підготовка .....                                                                       | 117 |
| 12.3.1 | Отримання попередньої моделі за методом кінцевих елементів .....                                 | 119 |
| 12.3.2 | Отримання моделі за методом кінцевих елементів з урахуванням додаткових даних.....               | 120 |
| 12.3.3 | Розрахунок з використанням методу кінцевих елементів .....                                       | 121 |
| 12.4   | Механічна модель корпусу .....                                                                   | 123 |
| 12.4.1 | Елементарна конструктивна площина (ЕКП) ....                                                     | 123 |
| 13     | Системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря і шумопоглинання у кузовах .....           | 127 |
| 13.1   | Види систем опалення.....                                                                        | 127 |
| 13.2   | Види систем вентиляції .....                                                                     | 131 |
| 13.2.1 | Провітрювання кузова .....                                                                       | 132 |
| 13.2.2 | Вентиляція та обігрів .....                                                                      | 133 |
| 13.3   | Вимоги до систем вентиляції та опалення та принципи дії цих систем .....                         | 133 |
| 13.3.1 | Надходження повітря та його розподіл .....                                                       | 136 |
| 13.3.2 | Проблема температури в салоні – опалення та вентиляція .....                                     | 139 |
| 13.3.3 | Проблема вологості повітря.....                                                                  | 141 |
| 13.4   | Найважливіші типи конструкцій систем опалення та вентиляції, кондиціонерів, керування ними ..... | 141 |
| 13.4.1 | Основні елементи .....                                                                           | 142 |
| 13.4.2 | Компонування систем .....                                                                        | 144 |
| 13.4.3 | Типи конструкцій систем опалення та вентиляції, управління ними.....                             | 147 |
| 13.4.4 | Органи управління .....                                                                          | 149 |
| 13.5   | Кондиціонування повітря в кузовах .....                                                          | 150 |
| 13.5.1 | Вимоги до кондиціонера .....                                                                     | 154 |
| 14     | Обезпилення вентиляційного повітря кабін .....                                                   | 156 |
| 14.1   | Волокнисті фільтри .....                                                                         | 157 |
| 14.2   | Фільтри з нетканих та тканинних фільтруючих матеріалів.....                                      | 159 |

|        |                                                                              |     |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.3   | Фільтри з пористих фільтруючих матеріалів .....                              | 161 |
| 14.4   | Інерційні жалюзі-пилоуловлювачі та вентилятори-пилоуловлювачі.....           | 162 |
| 14.4.1 | Інерційні жалюзі-пилоуловлювачі .....                                        | 162 |
| 14.4.2 | Радіальні вентилятори – пилоуловлювачі .....                                 | 162 |
| 14.4.3 | Ротаційні пилоуловлювачі .....                                               | 165 |
| 15     | Технологія ремонту автомобільних кузовів .....                               | 167 |
| 15.1   | Причини зношування кузовів .....                                             | 167 |
| 15.2   | Вплив навантажень та напруг на окремі елементи конструкції кузова.....       | 171 |
| 15.3   | Загальна структура технологічного процесу ремонту кузовів.....               | 173 |
| 15.4   | Вимоги до листової сталі, що застосовується для ремонту корпусу кузова ..... | 175 |
| 15.5   | Лакофарбні покриття .....                                                    | 176 |
| 15.6   | Підготовка поверхні до фарбування .....                                      | 177 |
| 15.6.1 | Основні стадії процесу нанесення покриттів .....                             | 179 |
| 15.6.2 | Забарвлення зовнішніх шарів покриття .....                                   | 182 |
| 15.6.3 | Способи нанесення лакофарбових покриттів.....                                | 184 |
| 15.6.4 | Забарвлення електроосадженням .....                                          | 190 |
| 15.6.5 | Сушіння лакофарбових покриттів .....                                         | 192 |
| 15.7   | Дефекти в лакофарбовому покритті та способи їх усунення .....                | 196 |
| 15.7.1 | Найчастіше зустрічаються такі дефекти в лакофарбовому покритті.....          | 196 |
| 15.7.2 | Нижче наведені способи виправлення деяких дефектів.....                      | 198 |
| 15.8   | Гальванічні покриття .....                                                   | 199 |
| 15.9   | Ультразвукове очищення поверхні.....                                         | 200 |
| 15.10  | Способи нанесення покриттів .....                                            | 202 |
| 15.11  | Застосування полімерних матеріалів в якості покриття.....                    | 208 |
| 16     | Випробування кузова.....                                                     | 210 |
| 16.1   | Випробування в лабораторних умовах .....                                     | 210 |
| 16.1.1 | Статичні випробування каркаса кузова.....                                    | 211 |
| 16.1.2 | Динамічні випробування .....                                                 | 213 |
| 16.2   | Динамічне випробування міцності кузова.....                                  | 224 |
| 16.3   | Функціональні випробування на опір втоми .....                               | 225 |

|        |                                                                  |     |
|--------|------------------------------------------------------------------|-----|
| 16.3.1 | Очищувач та омивач вітрового скла.....                           | 226 |
| 16.3.2 | Випробувальний стенд для перевірки<br>дверних замків.....        | 226 |
| 16.3.3 | Стенд для випробувань сидінь.....                                | 227 |
| 16.4   | Випробування кузовних матеріалів .....                           | 227 |
| 16.4.1 | Випробування на корозійну стійкість .....                        | 228 |
| 16.4.2 | Випробування на старіння та горючість.....                       | 229 |
| 16.4.3 | Інші дослідження матеріалів.....                                 | 230 |
| 16.5   | Дорожні випробування кузова .....                                | 230 |
| 16.6   | Висновки за результатами випробувань на удар.....                | 233 |
| 16.6.1 | Фронтальний удар.....                                            | 233 |
| 16.6.2 | Удар ззаду.....                                                  | 238 |
| 16.6.3 | Удар збоку .....                                                 | 240 |
| 16.6.4 | Перекидання (перевертання) .....                                 | 242 |
| 16.6.5 | Сумісність (захист партнерів по руху) .....                      | 243 |
| 16.6.6 | Зіткнення різних автомобілів.....                                | 243 |
| 16.6.7 | Дорожньо-транспортні пригоди за участю<br>пішоходів.....         | 245 |
| 17     | Перспективи. Кузова майбутнього.....                             | 248 |
| 17.1   | Маси конструкцій та можливості їх зменшення .....                | 253 |
| 17.2   | Можливі застосування нових матеріалів у<br>кузовобудуванні ..... | 255 |
| 17.3   | Економічні чинники.....                                          | 256 |
| 17.4   | Нові конструктивні концепції.....                                | 257 |
|        | Література .....                                                 | 259 |

## 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 прийняту 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; компоновання 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, компоновання 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 ШТАМПОВКА**

## **1.1 Класифікація штампованих кузовних деталей**

Розвиток автомобілебудування призвів до виділення виробництва кузовних деталей із загального обсягу листового штампування у відокремлену частину технології, безперервне вдосконалення якої зумовлене вдосконаленням конструкцій кузовів, кабін та автобусів.

У той же час розвиток технології штампування кузовних деталей розширює можливості листового штампування, дозволяє отримувати деталі складніших форм, більших розмірів тощо, що, своєю чергою, сприяє подальшому розвитку конструкцій автомобілів.

Залежно від габаритних розмірів, конструктивного призначення кузовів та кабін, а також за технологічними ознаками (за ступенем складності побудови основної формотворчої операції) штамповані кузовні деталі поділяють на різні групи.

### **1.1.1 Класифікація деталей за розмірами та призначенням**

За габаритними розмірами кузовні деталі ділять на дрібні (найбільший розмір до 350 мм), середні (до 750 мм), великі (до 1 500 мм) та особливо великі (понад 1 500 мм). В основу такої класифікації деталей покладено не тільки їх розміри, а й спільність технологічних методів виробництва та обладнання, що використовується.

На автомобільних заводах великі деталі штампують у цехах великого штампування, а середні та дрібні – відповідно в цехах середнього та дрібного штампування. Ці цехи характеризуються типажем пресового устаткування.

Однак такий розподіл умовний, оскільки нерідко середні кузовні деталі отримують у цеху великого штампування, якщо їх складна форма відповідає технологічним процесам, типовим для цехів великого штампування.

Відповідно до призначення та вимог, що пред'являються до поверхонь кузовних деталей, їх поділяють на три групи.

**Зовнішні**, що утворюють зовнішню оболонку кузова (кабін). До них відносяться передні та задні крила, капот, зовнішня панель передка, панель даху, зовнішні панелі дверей, зовнішня панель кришки багажника, панель задка та ін.

До деталей цієї групи пред'являються дуже високі вимоги щодо якості поверхні, особливо до деталей кузовів легкових автомобілів, які піддають декоративному фарбуванню високого класу.

**Внутрішні**, що утворюють каркас кузова або кабін, і навіть внутрішні панелі. До цих деталей, на відміну від зовнішніх, не висувають настільки високих вимог щодо якості поверхні, але високі вимоги дотримання точності та особливої жорсткості конструкції для забезпечення заданої геометрії каркасів кузовів та кабін.

До таких деталей відносяться деталі підлоги, щиток передка, верхня внутрішня панель передка, панель приладів, внутрішні панелі дверей та кришки багажника, брызговики крил та інші подібні деталі, розташовані всередині кузова або кабін.

**Рамні**, до яких належать стійки, підбалки перекриття, арматура, стійки тощо.

### **1.1.2 Класифікація деталей за технологічними характеристиками**

Деталі кузовів легкових та кабін вантажних автомобілів мають в основному складну форму поверхні, тому при їх виготовленні необхідна формоутворююча операція витяжки.

Специфічність кузовних деталей не дозволяє розробляти технологічні процеси їх виробництва як у штампуванні деталей правильної геометричної форми (наприклад, циліндра, циліндра з фланцем, прямокутної коробки, конуса тощо).

Штампованість кузовних деталей в більшості випадків не можна визначити за допомогою коефіцієнтів витяжки, які застосовують для деталей правильної геометричної форми.

Технологічна складність виготовлення кузовних деталей та вимоги до них змінюються в залежності від форми і типу деталі. Тому не можна розглянути одночасно всю різноманітність кузовних деталей.

*За ступенем складності побудови витяжної операції*, всі

кузовні деталі *можна умовно розділити на три основні групи* з декількома підгрупами. Для кожної групи є свій важливий підхід до вибору правильного положення деталі під час витяжки, підгрупи також відрізняються специфічністю побудови витяжних переходів.

**Перша група** включає деталі з двома площинами симетрії або з вертикальними стінками, а також з незначним нахилом їх до вертикальної площини (без піднутрення). Деталі цієї групи займають у витяжному штампі єдине можливе положення, при якому площини симетрії або вертикальні бічні стінки збігаються з витягом.

**Підгрупа А** – неглибокі пологі деталі (що мають малу кривизну). При витяжці цих деталей збільшують інтенсивність гальмування заготовки фланця з підвищенням розтягування металу з метою збільшення жорсткості і міцності. До цієї підгрупи відносяться деталі типу зовнішніх панелей дверей та кришок багажника (рис. 1.1).

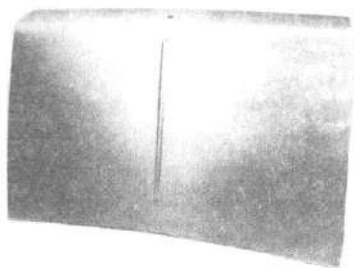


Рисунок 1.1 – Зовнішня панель кришки багажника

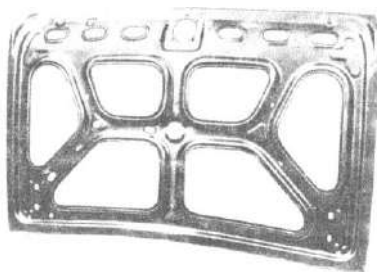


Рисунок 1.2 – Внутрішня панель кришки багажника

**Підгрупа Б** – деталь з фланцями прямолінійної чи криволінійної форми. Фланець виводять на поверхню притиску, і це визначає форму притискної поверхні. До цієї підгрупи відносяться деталі внутрішніх панелей дверей та кришки багажника (рис. 1.2), брызговики боковини.

**Друга група** – деталі, що мають одну площину симетрії. Характерною особливістю побудови витяжних переходів для цієї групи деталей є можливість їх повороту в площині симетрії при виборі кращого положення деталі в штампі. Площина симетрії

завжди займає вертикальне положення.

**Підгрупа А** – деталі складної рельєфної форми, що мають нерівномірну глибину витяжки. Основною умовою при побудові витяжних переходів для деталей цієї групи є надання їм більш технологічної для витяжки форми пом'якшенням різких переходів в результаті збільшення радіусів заокруглення та ін.

**Підгрупа Б** – глибокі деталі. При побудові витяжних переходів максимально зменшують глибину витяжки, насамперед, наближенням поверхні притиску до лінії подальшого обрізання та іншими можливими заходами. До цієї підгрупи відносяться деталі типу кожуха підлоги легкового автомобіля (рис. 1.4).

**Третя група** – асиметричні деталі, найскладніші формою. При виборі найбільш сприятливого стану у витяжному штампі деталі повертають у двох взаємно перпендикулярних площинах. При повороті в одній площині кінцеві ділянки деталі прагнуть розмістити наскільки можна на одному рівні. Поворотом в іншій площині досягають однакових умов витягування заготовки з-під притиску.

**Підгрупа А** – деталі середньої глибини складної рельєфної форми, що мають нерівномірно розподілену глибину. Для витяжки ділянки невеликої глибини та розташованої поруч із нею глибокої ділянки потрібна різна кількість металу.

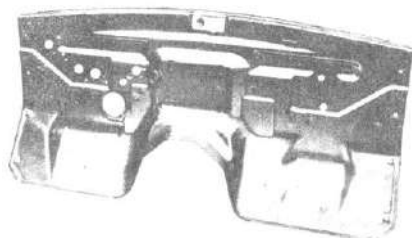


Рисунок 1.3 – Щиток передка



Рисунок 1.4 – Кожух підлоги  
легкового автомобіля

Умови витягування заготовки з-під притиску повинні

забезпечувати утворення глибоких ділянок без розривів та сусідніх дрібних ділянок, без набігу металу, що утворює хвилі та складки. До цієї підгрупи відносяться деталі типу крила вантажного автомобіля та переднього крила легкового автомобіля (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Переднє крило вантажівки

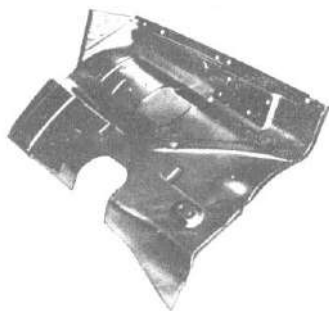


Рисунок 1.6 – Бризковик переднього крила



Рисунок 1.7 – Посилення бризковика переднього крила

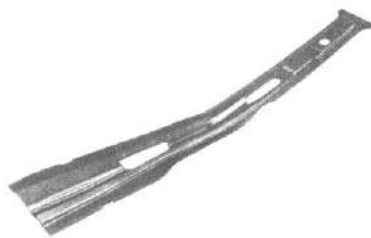


Рисунок 1.8 – Розпірка середньої стійки боковини

**Підгрупа Б** – глибокі деталі. Основна умова побудови витяжних переходів – максимально можливе зменшення глибини витяжки при зміні положення та форми деталі. До цієї підгрупи відносяться деталі типу щитка передка автомобіля, бризковика переднього крила (рис. 1.6).

Крім цих трьох груп класифікації необхідно виділити спеціальну групу кузовних деталей, які виготовляють без застосування операції витяжки. Ці деталі мають відносно

простішу форму, і до їхньої поверхні пред'являють менш жорсткі вимоги. Такі деталі останнім часом одержують формуванням на пресах простої дії. До цієї групи належать деталі типу підсилювачів (рис. 1.7), стійок, розпірок (рис. 1.8) та кронштейнів.

### **1.1.3 Технологічність конструкцій деталей кузова**

Основними критеріями оцінки технологічності будови штампованих частин корпусу можуть бути наступні показники:

- можливість отримання деталі шляхом штампування;
- число операцій, їх продуктивність та трудомісткість виготовлення деталі;
- витрата матеріалу;
- число одиниць устаткування, необхідного для виготовлення деталі;
- кількість штампів, витрати на підготовку виробництва, термін підготовки;
- стійкість штампів.

Технологічна конструкція кузовної штампованої деталі – це конструкція, яку можна отримати штампуванням, забезпечивши при цьому порівняно з іншими варіантами конструкції найменші трудомісткість, витрати на підготовку та терміни її проведення, кількість одиниць необхідного обладнання та найвищу стійкість штампів.

Однак на практиці внаслідок взаємозв'язку цих показників часто не вдається отримати найкращі значення за всіма показниками, так як, наприклад, зменшення кількості операцій може призвести до зниження стійкості штампів, а підвищення стійкості штампів – до збільшення витрат матеріалів.

Загальним результативним показником технологічності конструкції є найменша собівартість деталі. Найчастіше основним критерієм технологічності конструкцій кузовних деталей є найбільш економне витрачання металу при найменшому числі операцій та мінімальній трудомісткості. При цьому необхідно завжди пам'ятати, що технологічність конструкції не можна розглядати у відриві від конкретних умов виробництва і, зокрема, типу виробництва.

В умовах дрібносерійного виробництва вимоги до



технологічності конструкції можуть бути менш жорсткими, ніж в умовах великосерійного та масового виробництва. При малому випуску деталей можна припустити деяке збільшення витрати металу, зниження стійкості штамів та продуктивність праці.

У цьому виникають специфічні вимоги до конструкції. Наприклад, в дрібносерійному виробництві прагнуть не об'єднання окремих деталей в одну цільноштамповану, а до поділу деталей, так як окремі деталі легше виготовляти за наявності спрощеного оснащення.

До матеріалу і конфігурації штампованих деталей пред'являються загальні технологічні вимоги:

- матеріал повинен забезпечувати міцність деталі у вузлі і мати необхідні пластичні властивості для штампування деталі заданої форми;
- товщина матеріалу повинна бути достатньою для зміцнення у процесі пластичного деформування при штампуванні;
- номенклатура товщин, марок та розмірів застосовуваного листового та рулонного матеріалу має бути можливо меншою;
- форма плоскої заготовки повинна забезпечувати маловідходний або безвідходний розкрій;
- наявність ребер жорсткості, фланців, відбортунів, виштамповок і т.п. для збільшення жорсткості, що забезпечує зниження матеріаломісткості;
- необхідно застосовувати цільноштамповані деталі замість кількох окремих деталей, якщо це економічно виправдано зниженням собівартості, витрати металу чи трудомісткості.

Розробляючи конструкцію кузовної деталі, конструктор разом із технологом проробляють креслення на технологічність. В результаті вибирають найбільш раціональний варіант, що дозволяє створити технічно досконалий та економічно доцільний процес.

Визначення технологічності конструкції деталі вимагає від технолога знання досконалих технологічних можливостей кузовного штампування. Часто незначна зміна, внесена в конструкцію деталі при опрацюванні технологічності, дозволяє

створити значно прогресивніший технологічний процес її виготовлення.

Основні технологічні вимоги до конструкції плоских деталей або плоских елементів просторових деталей, одержуваних вирубанням, пробиванням та обрізанням, а також вигнутих деталей, не відрізняються від загальних вимог до штампування.

Основні технологічні вимоги до конструкції кузовних деталей, що виготовляються витяжкою та формуванням, зводяться до забезпечення умов витяжки деталі. Ці умови залежить, зокрема, від відносної глибини витяжки, тобто від глибини порожнини, що витягується при заданих поперечних розмірах. Чим більші ці розміри, тим менше при заданій глибині порожнини її відносна глибина і легше здійснити витяжку деталі.

Важливим фактором, що визначає технологічність кузовної деталі, є можливість введення в порожнину деталі витяжного пуансона і його виведення після завершення витяжки деталі.

При конструюванні кузовних деталей необхідно передбачати наступне:

- мінімально можливу глибину формоутворення;
- максимально можливі радіуси сполучення вертикальних стінок деталі з дном та фланцями;
- мінімальні радіуси повинні бути біля фланців;
- максимально можливі радіуси сполучення бічних стінок (переважно в кутах), що утворюють контур витяжного переходу деталі у плані;
- пологоу форму та невелику глибину ребра жорсткості на зовнішньому контурі деталей;
- об'єднання двох деталей в одну або розділення однієї деталі на дві або три частини для кращого формоутворення (витяжки);
- надання окремим ділянкам деталі більш плавної форми заокругленням різких переходів та сполучень.

На поверхні кузовних деталей часто зустрічаються різні місцеві поглиблення або виступи певного призначення, наприклад, є конструктивними елементами для збирання, для збільшення жорсткості деталі або носять декоративний характер.

У процесі витяжки ці елементи можуть бути причиною значних місцевих перенапруг металу, що призводять до появи

розривів або складок у цих місцях. Особливості процесу витяжки кузовних деталей не дозволяють застосовувати для розрахунку деформацій теоретичні положення, розроблені для деталей симетричної та коробчастої форм. Якщо деталі простої форми можна витягувати за кілька операцій, то зовнішні кузовні деталі внаслідок високих вимог, що пред'являються до якості поверхні, намагаються витягнути за одну операцію.

При витяжці зовнішньої кузовної деталі за дві операції від зіткнення з робочими частинами штампів на її поверхні залишаються здвоєні сліди, які після фарбування дають злам світлового відблиску, що псує зовнішній вигляд.

Розробка технологічних конструкцій великих кузовних деталей складної просторової форми є важким завданням, правильне вирішення якого залежить значною мірою від досвіду роботи конструкторів та технологів.

Після встановлення можливості отримання деталі витяжкою необхідно оцінити технологічність конструкції витрат металу. Для цього визначають коефіцієнт використання металу, який дорівнює відношенню маси готової деталі до необхідної маси заготовки. Він має бути не менше 0,75.

При опрацюванні на технологічність кузовної деталі з великим прорізом, конструктор і технолог повинні підібрати деталь того ж кузова або кабіни, яку можна отримати з відходу від отвору. Таким чином, з'являється можливість отримати обидві деталі в одному витяжному штампі та підвищити коефіцієнт використання металу у багатьох випадках.

У ряді випадків окремі вимоги до технологічності конструкції можуть бути в суперечності, наприклад, при оцінці деталі за питомою витратою металу, визначенні коефіцієнта використання металу та оцінці форми та конфігурації деталі для отримання її за допомогою глибокої витяжки, так як для досягнення сприятливих умов витяжки часто доводиться значно збільшувати витрати металу.

У такому разі технолог повинен знайти оптимальне рішення, віддаючи перевагу найважливішій вимозі, враховуючи економічну сторону питання та вимоги, що забезпечують стійкий технологічний процес виготовлення деталі.

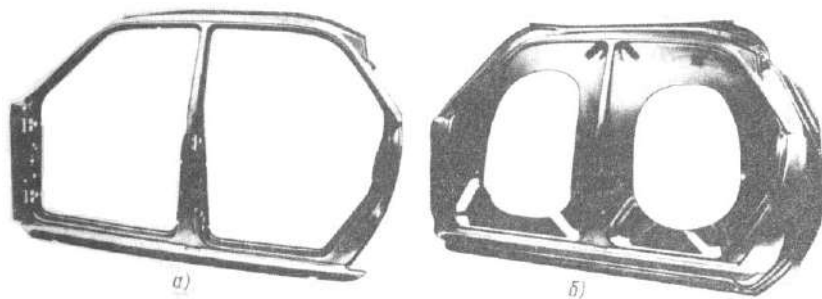
### 1.1.4 Технологічне об'єднання або поділ деталей

При розробці технологічного процесу штампування кузовних деталей часто приймають раціональні рішення щодо поліпшення їхньої технологічності. Деякі великі та середні деталі після обрізки мають порожнину із трьома бічними стінками. Четверта стінка необхідна тільки для здійснення витяжки, і після обрізки деталі йде у відхід.

Такі деталі технологічніші для витяжної операції при з'єднанні їх в одному переході. У комплекті кузовних деталей багато симетричних деталей, тому можна застосовувати метод їх спарювання в одному витяжному переході. На Волзькому автомобільному заводі (ВАЗ) понад 30 % кузовних деталей штампують у такий спосіб.

Спарювання деталей дає найбільший ефект тільки у тому випадку, коли поділ деталей відбувається на останній операції технологічного процесу. При спарюванні деталей зменшується витрата металу, збільшується продуктивність, зменшується кількість необхідних штамів, знижується завантаження обладнання та скорочується кількість працюючих.

Одну з основних деталей кузова автомобіля ГАЗ-24 «Волга» – боковину – спочатку виготовляли з тринадцяти штампованих деталей, потім було запроваджено процес виготовлення цілноштампованої боковини, де зберігалися штамповані деталі-вставки лише у радіусних частинах прорізів дверей.



а – цілноштампована; б – витяжний перехід

Рисунок 1.9 – Боковина кузова автомобіля ГАЗ-24 «Волга»

Ці деталі вдалося виключити на боковині кузова ГАЗ-24 «Волга» (рис. 1.9 а) попереднім набором металу в цих місцях на витяжці (рис. 1.9 б), що дозволило уникнути розривів при відбортунні фланців.

У конструкціях сучасних автомобілів ця тенденція отримала подальший розвиток – створена та штампується бічна панель, що об'єднує отвір задніх дверей, заднє крило та зовнішня кутова панель (рис. 1.10).

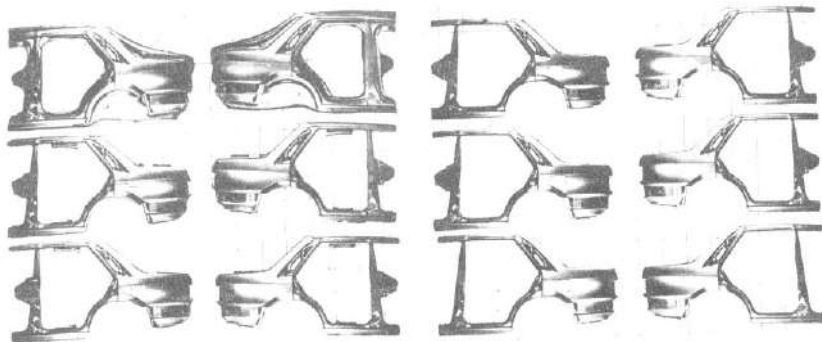


Рисунок 1.10 – Технологічні переходи виготовлення бічної панелі кузова легкового автомобіля

З метою поліпшення технологічності іноді доводиться поділяти деталі. Наприклад, на три частини (середню та дві бічні) може бути розділений буфер легкового автомобіля. Іноді деталі, що мають заготовки складної конфігурації, поділяють на кілька простих з метою зменшення витрати металу при розкрій.

## 2 ЗБИРАННЯ-ЗВАРЮВАННЯ

### 2.1 Зварювальні кузовні конструкції

Технологічність конструкцій. Відповідно до загальних понять, технологічність кузовів, кабін може бути визначена як сукупність властивостей їх конструкцій, що виявляються у можливості раціонального вибору способу та технології складання-зварювання, форми та розташування зварних з'єднань.

Для кузовів легкових автомобілів, кабін вантажних автомобілів, кузовів автобусів, характерні такі особливості:

- складність просторових (об'ємних) форм зовнішньої поверхні та високі вимоги до неї;
- велика кількість зварних з'єднань, що виконуються після складання великих, середніх та дрібних деталей та складальних одиниць;
- наявність деталей, що виготовляються методом холодного штампування з тонколистової сталі, які мають малу жорсткість і можуть змінювати свої розміри при складанні;
- міцність та жорсткість деталей та складальних одиниць, що забезпечують механізоване та міжцехове транспортування їх без деформацій.

Особливо важливими показниками для кузовів автомобілів безрамної конструкції, а також кузовів інтегральних автобусів є міцність, жорсткість, надійність як складальних одиниць, так і кузовів загалом.

Перелічені ознаки визначають особливості кузовного виробництва, що відрізняється тим, що отримані складальні одиниці кузовів (кабін) або платформ повинні не тільки відповідати заданим розмірам та допускам, але й мати необхідні просторові форми та певну якість лицевих поверхонь.

Технологічність конструкції в процесі складання та зварювання повинна забезпечувати вимоги подальшого процесу фарбування, складання та монтажу приладів, агрегатів, механізмів та інших складальних одиниць, а також складання автомобіля та автобуса загалом.

Собівартість кузовів (кабін) і платформ переважно залежить

від трудомісткості складально-зварювальних робіт і є головним показником технологічності. Скорочення циклу виробництва кузовів та кабін дозволяє зменшити також капітальні витрати, збільшити знімання продукції з 1 м<sup>2</sup> виробничої площі.

Велике значення для забезпечення якості мають взаємозамінність та регульованість конструкцій, а також контролепридатність та інструментальна доступність.

Від точності дотримання геометричних розмірів та форми деталей залежать як взаємозамінність, так і процеси виконання складально-зварювальних операцій.

Якщо деталі виготовлені в межах заданих допусків, то складання їх у складальні одиниці не викликає труднощів, тому що вони легко підходять одна до одної і не вимагають доопрацювання-підгонки.

Контрольпридатність кузовів (кабін), платформ та їх складальних одиниць полягає у можливості контролю на всіх стадіях їх виготовлення. Інструментальну доступність стосовно кузовних конструкцій слід розуміти, як можливість вільно використовувати зварювальне оснащення та зварювальний інструмент у місцях зварювання. Ці вимоги належать і до контрольно-вимірювального інструменту.

Застосування допусків, методів і засобів вимірювань загального машинобудування при збиранні-зварюванні кузовів неможливе внаслідок того, що кузовні деталі не мають достатньої жорсткості і в залежності від їх положення в просторі при збиранні-зварюванні з іншими деталями можуть змінювати свої розміри та форму.

Для виробництва кузовів повинен бути застосований плазово-шаблінний метод, який забезпечує геометричну взаємозамінність за рахунок особливої побудови процесу відтворення форми і розмірів деталей і складальних одиниць кузова (кабіни), що вимагають точної взаємної ув'язки, із застосуванням плазів, шаблонів, майстер-моделей та майстер-макетів.

Технологічна конструкція має добре збиратися. Це особливо важливо для кузовів (кабін), одержуваних зі складальних одиниць з великою кількістю штампованих деталей, що входять до них, які проходять технологічну підготовку за плазово-

шаблонним методом.

Складання-зварювання деталей необхідно проводити у вільному стані прагнути звести до мінімуму обсяг доводкових та рихтувальних робіт. Технологічність конструкцій кузовів (кабін) відпрацьовується стадії конструкторсько-технологічного проектування, а збирання – у період підготовки виробництва при виготовленні та налагодженні штампового, складально-зварювального, контрольного та іншого інструментального оснащення.

Збираність кузовних конструкцій – сукупність властивостей конструкції та технології виготовлення, що забезпечують отримання геометричних параметрів у заданих межах, на всіх етапах підготовки та діючому виробництві.

## **2.2 Відпрацювання конструкції на технологічність**

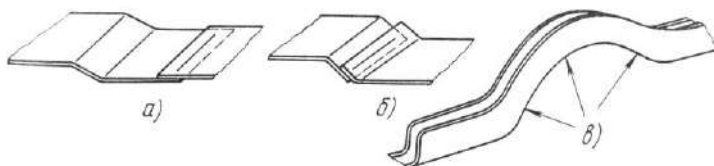
Відпрацювання конструкції на технологічність досягається конструктивними та технологічними заходами:

- укрупненням складальних одиниць, що входять до кузова (кабіни);
- отриманням деталей із цільноштапованими отворами вікон дверей;
- проведенням зварювання на прямолінійних ділянках;
- зменшенням обсягу газового та дугового зварювання в захисних газах;
- винятком, по можливості, зовнішніх швів та з'єднань, як їх необхідно обробляти;
- отриманням деталей з відкритими та зручними для зварювання з'єднаннями;
- винятком, наскільки можна, спеціальних технологічних прийомів чи складного зварювального інструменту;
- отриманням деталей зі з'єднаннями, що легко піддаються ущільненню з метою запобігання проникненню води та пилу

Укрупненням складальних одиниць, що входять в кузов (кабіну), можна отримати більш технологічну конструкцію, так як при цьому знижується трудомісткість складально-зварювальних операцій. Розташування зварних з'єднань має бути раціональним.



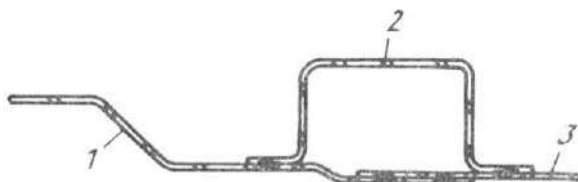
При розміщенні зварних точок на похилих та криволінійних ділянках можливе виникнення нещільностей у сполученнях та великих зазорів. На рис. 2.1 а показано технологічне з'єднання на прямій ділянці, а на рис. 2.1 б нетехнологічне з'єднання, так як воно розташоване на похилій площині.



а – на прямій ділянці; б – на похилій площині;  
в – місця, недоцільні для зварювання

Рисунок 2.1 – Розташування зварних з'єднань на площинах та прямолінійних ділянках

На рис. 2.1, в, стрілками показані місця, що не рекомендуються для зварювання. Раціональність з'єднання досягається введенням підштампування однієї з деталей на товщину металу іншої, що забезпечує єдиний рівень поверхні деталей (рис. 2.2).



1 – перша деталь; 2 – друга деталь; 3 – третя деталь

Рисунок 2.2 – Зварне з'єднання з підштампуванням фланця, закрите третьою деталлю

Кузова (кабіни) сучасних автомобілів мають цільноштамповані конструкції боковин і панелей з прорізами вітрових і задніх вікон, що дозволяє застосувати найбільш доцільну технологію збирання-зварювання.

Таким чином технологічність зварних з'єднань визначається правильним підбором відповідних перерізів деталей кузова

(кабіни) та правильним вибором конструкторських та технологічних баз. Велике значення має також конфігурація з'єднань, що забезпечує легкість доступу до них.

## **2.3 Забезпечення збирання та технологічності кузовів (кабін) автомобілів**

Забезпечення збирання та технологічності кузовів (кабін) автомобілів відповідно до технічних вимог креслення при складанні-зварюванні залежить від виконання наступних вимог:

- достатніх міцності та жорсткості деталей;
- взаємозамінності штампованих деталей та складальних одиниць;
- точності виготовлення майстер-моделей, майстер-макетів, а також інструментального оснащення;
- точності виготовлення штампованих деталей у допустимих межах та стабільності їх геометричних параметрів;
- правильного базування деталей в оснащенні з урахуванням вибору єдиного базування по всьому технологічному циклу та оптимальної конструкції складально-зварювального оснащення.

Технологічні вимоги до кузовних конструкцій зводяться до оптимізації наступних факторів:

- форми деталей;
- способу з'єднань деталей;
- прийомів складання та виду зварювання для конкретного типу з'єднання;
- технологічного процесу складання;
- обладнання та оснащення.

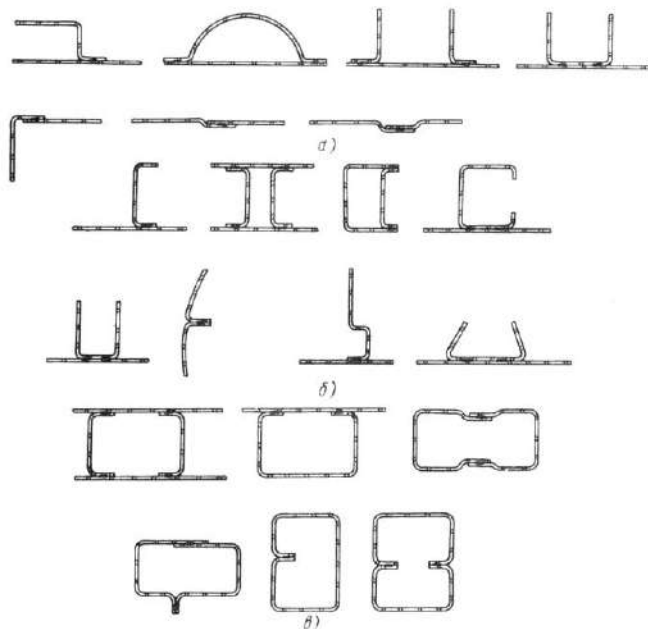
Остаточна форма конструкції деталей повинна бути встановлена після опрацювання технології їх виготовлення та аналізу їхнього з'єднання в складальні одиниці.

Спосіб з'єднання складальних одиниць повинен бути обраний в залежності від технічних вимог, що пред'являються до кузова: створення несучих елементів кузова (кабіни); елементів, що забезпечують герметичність, тощо.

При зварюванні не рекомендується застосовувати з'єднання, що складаються з більш ніж трьох деталей. Співвідношення

товщин листів, що зварюються, не повинно бути більше 3:1.

З'єднання можна розділити на відкриті, напівзакриті та закриті. У відкритих з'єднаннях (рис. 2.3 а) може бути забезпечений підведення електродів до місця контактного зварювання.



а – відкриті; б – напівзакриті; в – закриті

Рисунок 2.3 – Види з'єднань

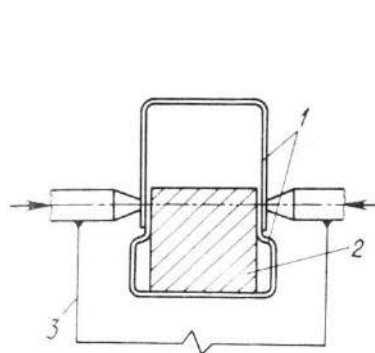
Такі з'єднання дозволяють вести зварювання у будь-якій послідовності. Для напівзакритих з'єднань (рис. 2.3 б) не завжди може бути забезпечене вільне підведення і тому необхідно встановити один з електродів у похилому положенні або застосовувати спеціальні електроди та пристосування.

До закритих з'єднань (рис. 2.3, в) неможливо підвести електроди, що ускладнює процес контактного зварювання. Для коротких закритих з'єднань можна застосовувати точкове шовне зварювання, яке здійснюється за допомогою мідних оправок, які вставляють всередину деталей, що зварюються. Однак такий

спосіб ускладнює процес, оскільки оправлення нагріваються; крім того, їх установка та знімання підвищують трудомісткість процесу (рис. 2.4). Якщо закрита вся конструкція, то застосування замикаючого шва фланцями значно спрощує зварювання. На рис. 2.5 показана закрита конструкція, що складається з верхньої та нижньої частин.

Спочатку з'єднують верхню частину корпусу 2 з верхньою кришкою 1, потім нижню частину 3 корпусу з нижньою кришкою 4. Остаточну верхню частину з нижньою зварюють по фланцях замикаючим швом.

Важливою умовою складання-зварювання кузовних конструкцій є можливість її виконання при горизонтальному положенні деталі, що спрощує розташування зварювальних інструментів і рухомих пристроїв.



1 – деталь, що зварюється;  
2 – мідний вкладиш;  
3 – схема підведення  
зварювального струму

Рисунок 2.4 – Закрите  
з'єднання з коротким швом

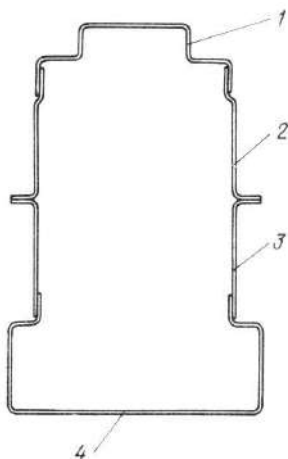


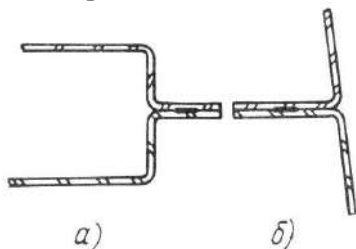
Рисунок 2.5 – Закрите з'єднання  
з замикаючим швом  
по зовнішніх фланцях

Вибраний технологічний процес повинен забезпечувати раціональний порядок складання та зварювання, що передбачає мінімальне число кантовок мінімальними деформаціями та стабільними геометричними параметрами.

Для забезпечення якості точкового зварювання необхідно зварювальні точки на виробі, що зварюється, ставити в один ряд,

на певній відстані, тобто встановити крок зварювання, що гарантує міцність зварювального з'єднання. Потрібно унеможливити розміщення зварювальних точок на лекальних кривих поверхнях; розміщувати їх з урахуванням максимальної можливості застосування автоматизованих способів зварювання та робіт.

У виробництві кузовів (кабін) автомобілів застосовують такі види з'єднань: фланцеві, нахльосткові, стикові, кутові, торцеві та ін. Фланцеві з'єднання (рис. 2.6) є найбільш доцільними, так як при цьому можна застосовувати найпродуктивніші методи точкового та шовного зварювання.



- а – відборткування фланців із зовнішнього боку;  
б – відборткування фланців з внутрішньої сторони

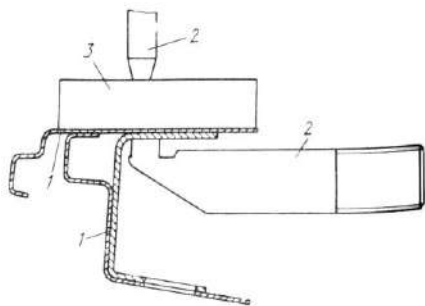
Рисунок 2.6 – Фланцеві з'єднання

Ширина фланців під зварювання, на фланцевих з'єднаннях не може регулюватися, і тому з'єднання по фланцях застосовуються в тих випадках, коли не відбувається їх зміщення при поєднанні деталей. Ці з'єднання в більшості випадків використовують у несучій системі кузова (кабіни), так як виконання полегшено роботою підвісних зварювальних машин та робіт. Зовнішні фланцеві з'єднання дозволяють використовувати зварювальний інструмент для точкового зварювання з малим вильотом.

Фланцеві з'єднання можна зварювати точковим безслідним зварюванням без відбитків та вм'ятин на лицьовій поверхні, на яку для цього накладають спеціальну пластину. На рис. 2.7 показана схема зварювання з боку лицьової поверхні однієї зі сполук, через пластину з твердого мідного сплаву.

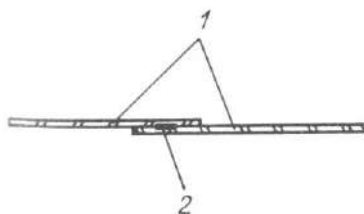
Нахльосткові з'єднання з підштампуванням однієї з кромek

знаходять широке застосування у виробництві. Підштампуванням кромки надається деяка жорсткість з'єднанню і утворюється своєрідна підкладка. При нахльстковому з'єднанні без підштампування (рис. 2.8) можна трохи зміщувати деталі при складанні (для дотримання загального розміру) і тим самим виправляти неточності.



1 – деталі, що зварюються;  
2 – електроди; 3 – мідна пластина

Рисунок 2.7 – Схема зварювання фланцевого з'єднання за допомогою мідної пластини



1 – кромки, що зварюються;  
2 – зварюваний шов

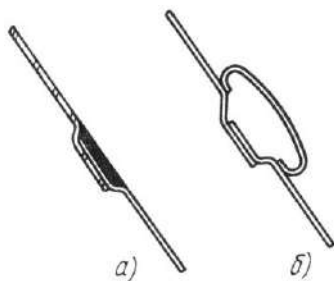
Рисунок 2.8 – Нахльстковий з'єднання

При нахльстковому з'єднанні не обов'язкове точне витримання кромки деталей. До недоліків нахлесткового з'єднання слід віднести зайву витрату металу та необхідність захисту поверхні від корозії у місцях нахлесту.

Лицьові поверхні, з'єднані внахлестку, потім обробляють припоєм або його замінниками (рис. 2.9 а). Іноді ці з'єднання закривають спеціальними декоративними накладками (рис. 2.9 б). Для стикових з'єднань (рис. 2.10) має бути витримана певна точність деталей.

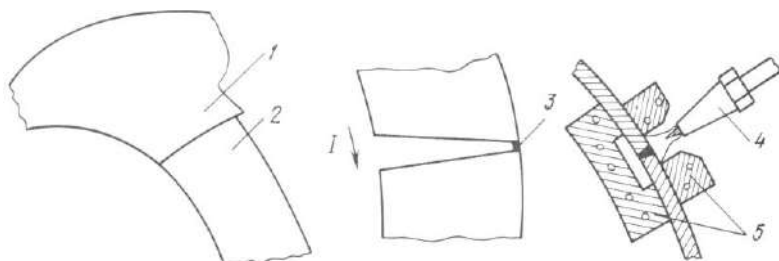
Газове зварювання стикових з'єднань може бути виконане тільки зварником високої кваліфікації, при застосуванні спеціальних технологічних прийомів та суворому дотриманні режимів зварювання. При з'єднанні встик деталей, що виходять на лицьову поверхню кузова, застосування газового та дугового зварювання у вуглекислому газі не бажано, так як для попередньої обробки, складання та зварювання необхідні складне

технологічне обладнання та введення додаткових ручних операцій рихтування, та доведення лицьової поверхні в місці зварювання. Недоліком стикових з'єднань є їх жолоблення. При дуговому зварюванні в захисних газах короблення менше, ніж за газової.



а – з припоєм чи пластмасою;  
б – з декоративною накладкою

Рисунок 2.9 – Види з'єднань,  
що застосовуються на лицьових поверхнях

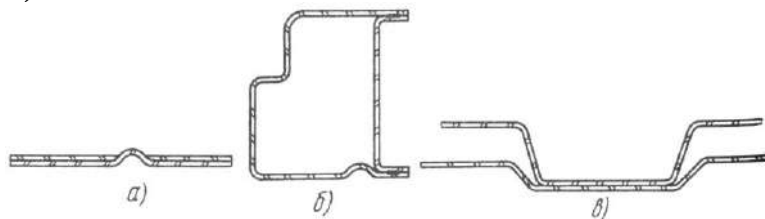


1 – дах; 2 – кутова панель;  
3 – початок зварного шва;  
4 – пальник, 5 – мідне пристосування

Рисунок 2.10 – Стикове з'єднання  
даху з кутовою панеллю

Кутові та торцеві з'єднання характерні для конструкцій каркасів боковин, даху та основ автобусів. Кутові з'єднання, виконані дуговим зварюванням у захисному газі, застосовують у випадках, коли вони знаходяться на напівзакритих і закритих поверхнях і до них утруднений доступ оснасток точкових

зварювальних машин. Кузови та кабіни в деяких випадках з конструктивних міркувань необхідно зварювати по лицьових поверхнях. Ця робота може бути виконана висококваліфікованим зварником точковим зварюванням, дуговим зварюванням у вуглекислому газі або в іншому газі з подальшим рихтуванням швів. Деталі простої форми при цьому, взаємно фіксують (рис. 2.11).



а – по отворах; б – за упорами; в – по виштамповкам

Рисунок 2.11 – Зварні з'єднання деталей із самофіксацією

З цією метою на одній з деталей роблять кілька видавок, а в іншій – отвори (рис. 2.11 а), по яких орієнтують деталі. У тих випадках, коли потрібно приварювати деталі всередині складальної одиниці і розташовувати в певному положенні, доцільно по периметру деталі, що фіксується, робити виштамповки в основній деталі, які є упорами (рис. 2.11, б). Для фіксації також роблять виштампування за формою другої деталі (рис. 2.11, в).

## 2.4 Види зварювання

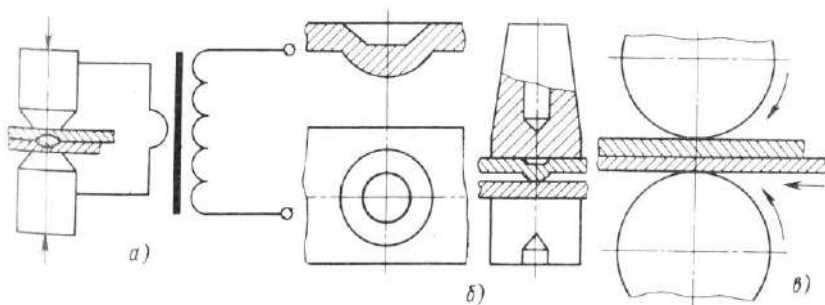
Для кузовів (кабін) автомобілів рекомендується застосовувати наступні види зварювання: контактну, як найпродуктивнішу для деталей з тонколистової маловуглецевої сталі, дугову, газоелектричну серед захисних газів і газову. Найбільшого поширення набули такі види контактного зварювання, як точкове, рельєфне та шовне.

### 2.4.1 Точкове зварювання

Точкове зварювання (рис. 2.12, а) полягає в тому, що нагрівання і прикладене зусилля зосереджені в певному місці



(точці), через яке проходить зварювальний струм. При точковому зварюванні дві або кілька деталей стискаються електродами машини і деталі, що з'єднуються, зварюють по поверхні їх дотику в окремих точках. Точкове зварювання широко використовується для з'єднання деталей внахлест, фланцями та ін., і класифікується за системою підведення струму. Найбільш широко застосовується одностороннє двостороннє зварювання. З'єднання, отримане цим способом, при правильному виборі режимів, має характерні вм'ятини від електродів.



а – точкове; б – рельєфне; в – шовне

Рисунок 2.12 – Основні види зварювання

Для отримання безслідного точкового зварювання, тобто зменшення вм'ятин від електродів, необхідно збільшити робочу поверхню одного з електродів, переважно нижнього, вести зварювання плоским електродом або використовувати проміжні пластини з мідних сплавів, поміщаючи їх між одним з електродів та деталлю. Також для отримання хорошої лицьової поверхні в нижньому електроді з великою робочою поверхнею роблять поглиблення (лунку), на місці якої виходить опуклість, що легко видаляється при зачистці. Таке зварювання доцільне лише на стаціонарних машинах при зварюванні деталей, правильна орієнтація яких щодо електродів не викликає труднощів.

Для зварювання складних штампованих деталей, що утворюють закриті перерізи, застосовується зварювання з непрямым підведенням струму, коли зварювальний струм підводиться з одного боку електродом з нормальною контактною

поверхнею, з другого – через деталь, тобто у деякій відстані від місця зварювання. Таке струмопідведення застосовують для зварювання конструкцій, при яких неможливе точкове зварювання або в яких з боку лицьової поверхні повинні бути зменшені залишкові деформації від зварювання.

Для збільшення продуктивності застосовують багатоточкове зварювання на машинах, сконструйованих стосовно зварювальної складальної одиниці. Схеми багатоточкового зварювання з прямим (нормальним) струмопідведенням відрізняються від розглянутих вище схем двостороннього зварювання.

#### **2.4.2 Рельєфне зварювання**

Рельєфне зварювання (рис. 2.12, б) – це різновид контактного зварювання, при якому нагрівання та прикладене зусилля зосереджуються у рельєфі (виступі), через нього і проходить зварювальний струм.

При рельєфному зварюванні на одній з деталей, що зварюються, видавлюються виступи спеціальної форми (рельєфи). Рельєфне зварювання має високу продуктивність, оскільки його можна виконувати у кількох рельєфах одночасно.

За формою рельєфів вона може бути наступною:

- з окремими рельєфами, розташованими на значній відстані один від одного, наприклад, на тримачах пластин дверних стійок, гайкотримачах та інших деталях;
- з круговим рельєфом, коли на одній з деталей виконують круглий виступ (рельєф), наприклад, при приварці штуцерів, болтів, гайок та ін.

Рельєфним зварюванням зварюють окремі деталі кузовів автобусів, стандартних виробів (болтів, гайок, гайкоутримувачів), деталей типу пластин. Рельєфне зварювання класифікують за формою та способом виготовлення рельєфів, а також формою з'єднання. Найбільш широко поширене рельєфне зварювання з'єднань з листових сталей, з рельєфами різної форми, отриманими холодним листовим штампуванням.

Зазвичай застосовують круглий рельєф (рис. 2.13 а), що забезпечує найбільшу жорсткість, необхідну для сприйняття зварювальних зусиль при нагріванні.

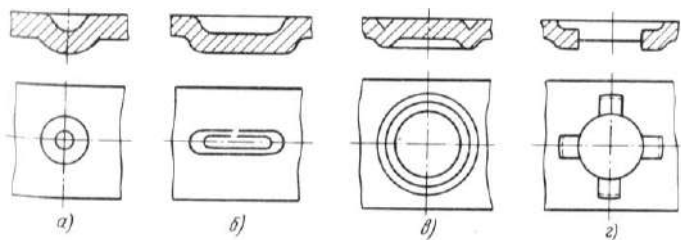


Рисунок 2.13 – Схеми основних видів зварювальних рельєфів

Нагрів та подальше формування литого ядра точки в такому з'єднанні проходять рівномірно від периферії до центру. Інструмент для таких рельєфів простіше виготовляти та відновлювати під час ремонту. Щоб збільшити площу зварювання, коли не можна збільшити кількість круглих рельєфів, застосовують рельєфи довгастої форми (рис. 2.13, б).

У деяких випадках для з'єднання штампованих деталей із листової сталі застосовують кільцевий рельєф (рис. 2.13, в). Таке з'єднання має велику міцність і герметичність. На рис. 2.13 г показані рельєфи, отримані шляхом зсуву металу на кромки отвору. Міцність таких зварних з'єднань нижча і застосовують його рідко.

### 2.4.3 Шовне зварювання

Шовне зварювання (рис. 2.12, в) – це різновид контактного зварювання, при якому нагрівання і прикладене зусилля зосереджуються вибірково, або по всьому периметру виробу, що зварюється, що сприяє отриманню зварювального шва (переривчастого або безперервного). Шовне зварювання використовується для отримання деталей із герметичним з'єднанням. Приклад його застосування – виготовлення бризковиків крил, водостічних жолобків та інших деталей кузовів (кабін), що потребують герметичності.

### 2.4.4 Дугове зварювання

Для дугового зварювання у захисному газі широко застосовується вуглекислий газ. Цей вид зварювання майже

повністю витіснив газове та ручне дугове зварювання, а крім того, різко скоротилася пайка твердим припоєм. Таке зварювання забезпечує високу продуктивність праці, хорошу якість і міцність зварних з'єднань, високу культуру виробництва.

У деяких випадках при виготовленні кузовів (кабін) та особливо кузовів автобусів, застосовують дугове та газове зварювання, однак і зараз різко скорочується. Їх недолік – короблення деталей та необхідність зачистки нерівних ділянок на поверхні.

## **2.5 Конструктивні параметри точкового та рельєфного зварних з'єднань**

Об'єм точкового та рельєфного зварювань кузовів (кабін) становить 70...80 % загального обсягу зварювання. Вибір способу зварювання визначається конструкцією складальної одиниці, вимогами до якості, серійністю виробництва та наявним обладнанням.

Для точкового зварювання характерні наступні конструктивні параметри зварних з'єднань:

- товщина деталей, що зварюються;
- діаметр зварної точки;
- мінімальний крок точкового шва, при якому шунтування зварювального струму не впливає на якість зварювального з'єднання;
- мінімальна відстань між осями сусідніх рядів зварних точок, що виключає вплив зварювального струму на якість зварювального з'єднання;
- ширина нахлістування;
- відстань центру зварної точки від краю виробу.

При проектуванні зварних конструкцій необхідно вибрати діаметр ядра точок, їхнє число і положення на кузові, ширину нахлеста. Значення цих величин вибирають із довідкових таблиць, вони залежать від товщини виробу, що зварюється.

У кресленнях зварних з'єднань вказуються такі параметри: мінімальний діаметр ядра точки, крок, відстань між осями сусідніх рядів точок, координати початку і кінця шва, відстань від центру точки, що зварюється до краю виробу, які вибирають виходячи з конструктивних і технологічних особливостей

конструкції складальної одиниці.

До конструктивних елементів рельєфного зварювання відносяться діаметр ядра точки та мінімальний крок між рельєфами. Рельєфи можуть бути розміщені з меншим кроком і ближче до краю деталей, що зварюються, ніж при точковому зварюванні.

На практиці дотримуються оптимальних розмірів та форми рельєфів, які вибирають за довідковими таблицями, для них рекомендуються й відповідні режими зварювання. Розміри і форма рельєфів залежать від товщини металу, що зварюється, його марки, місця розташування рельєфу.

Найчастіше застосовується рельєф круглої форми. Основним параметром, що визначає міцність рельєфного зварювання, є діаметр ядра, який залежить від діаметра та висоти рельєфу. Діаметр ядра вибирається в тих же межах, що й для точкового зварювання.

## **2.6 Вимоги до якості точкового зварювання кузовних конструкцій**

Якість з'єднань, що зварюються точковим зварюванням, визначається статичною міцністю отриманої сполуки, яка залежить від розмірів ядра зварювальної точки за умови відсутності дефектів у самому ядрі та зоні термічного впливу.

Залежно від навантаження, що сприймається зварним з'єднанням, при експлуатації автомобіля до них пред'являються різні вимоги щодо якості зварювання.

З'єднання, розташовані на лицьовій поверхні, повинні мати мінімальні сліди зварювання. При розташуванні точок на лицьових поверхнях, крім вимог до точності зварних точок, пред'являються вимоги до розмірів вм'ятин від електродів, які регламентуються інструкціями та обумовлюються технологією.

До показників міцності зварювання відносяться міцність зварної точки, кількість точок, їх крок і розташування в з'єднанні. Міцність точки вважається задовільною, якщо діаметр ядра або міцність з'єднання на зріз буде не нижче встановлених меж.

Зварна точка вважається якісною, якщо утворюється ядро сочевицеподібної форми певного розміру (діаметра та глибини проплавлення). Число точок та їх крок повинні відповідати

вказаним на кресленні виробу. Допускається збільшення кроку для 10 % зварних точок на 30-40 % середнього кроку.

Якість зварювання складальних одиниць залежить від ширини фланців або розміру їх перекриття. При малій ширині фланців чи малому перекритті відбуваються виплески металу, цим послаблюється з'єднання, погіршується зовнішній вигляд.

Мінімальну ширину фланців та перекриття для точкового зварювання встановлюють у межах 12-14 мм, що дозволяє в будь-яких просторових положеннях застосовувати прогресивні методи зварювання, використовуючи різне обладнання та оснащення. Для здійснення точкового зварювання роботом необхідно збільшення ширини фланців деталей до 16-17 мм.

## **3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ «ЧОРНОГО КУЗОВА» (КАБІНИ)**

### **3.1 Основні поняття про «чорні» кузови (кабіни)**

Під «чорними» кузовами (кабінами) розуміють остаточно зібрані (зварені) кузови (кабіни), укомплектовані навісними складальними одиницями, такими як двері, кришка багажника, передні та задні крила, капот (для легкового автомобіля), кришки люків (для кабін вантажних автомобілів) та інші підготовлені до подальшого технологічного процесу операціям фарбування та складання.

«Чорні» кузови (кабіни) виготовляють відповідно до розроблених технологічних карт і заводських інструкцій, що містять додаткові вимоги до їх виготовлення. За якістю виготовлення вони мають відповідати затвердженим контрольним зразкам.

Від якості виготовлення «чорних» кузовів (кабін) надалі залежить і якість автомобіля, тому до «чорних» кузовів (кабін) пред'являються високі вимоги:

- забезпечення герметичності, що не допускає проникнення пилу та вологи;
- міцності їх з'єднань, що дозволяють сприймати діючі навантаження та напруження з найменшими деформаціями;
- відповідність зовнішнього вигляду контрольного зразка.

### **3.2 Технічні умови монтажу навісних складальних одиниць та якість поверхні кузова (кабіни)**

На кожную модель кузова (кабіни), що випускається, повинна бути випущена нормативно-технічна документація, що включає в себе креслення та інструкцію, що містять технічні умови на поверхню кузова (кабіни) і монтаж навісних складальних одиниць. Поверхні кузовів (кабін) ділять на відкриті (видні із зовнішньої або внутрішньої сторони кузова), напіввідкриті (видні при відкриванні капота, дверей, кришки багажника) та закриті (видні після демонтажу окремих деталей та складальних одиниць).

До відкритих поверхонь кузовів (кабін) висувають найвищі вимоги – вони повинні бути високої якості та відповідати контрольному зразку.

На напіввідкритих поверхнях допускається наявність незначних вм'ятин, слідів зварювання та рихтувального інструменту; на закритих поверхнях допускаються незачищені зварні шви, місцеві механічні пошкодження, що не впливають на монтаж деталей, що сполучаються.

Також допускається розбіжність декоративних ліній кузова (кабіни) – поясної, лінії максимальної ширини за умови їхньої плавності. Наприклад, для кузова легкового автомобіля допускається розбіжність декоративних ліній, що має бути не більше 3 мм. Допускається западання або виступання однієї поверхні по відношенню до іншої, яка для кузова легкового автомобіля становить до 2-3 мм. Зустрічне виступання лицьових поверхонь не допускається.

Для кожної конкретної моделі кузова (кабіни) встановлюють певні значення видимих зазорів навісних складальних одиниць: між капотом та отвором капота, між дверима та дверними отворами, між кришкою багажника та отвором кришки багажника, між кришкою люка та крилом. Допустима нерівномірність цих зазорів становить трохи більше 3 мм.

Допустимі розміри зазорів для кожної конкретної моделі кузова (кабіни) можуть бути різними, але вони задаються з урахуванням забезпечення хорошої герметичності дверей, капота, кришки багажника і визначаються конструктивними особливостями з'єднань.

Крім вимог, що пред'являються до монтажу навісних складальних одиниць на кузовах (кабінах), повинні бути дотримані вимоги забезпечення нормальної установки скла та їх герметичність у прорізах вітрового та заднього вікон.

До прорізів пред'являються вимоги щодо розмірів фланців, площини їх прилягання, контуру: по всьому контуру фланців не допускаються задири та нерівності, що погіршують якість монтажу скла. Для кузовів легкових автомобілів ці вимоги вищі, ніж для кабін вантажних автомобілів.

Фланці кузовів (кабін) автомобілів повинні мати ширину в межах допуску  $\pm 1$  мм. Площина неприлягання фланців отворів



вікон для кузовів становить 0-1 мм, для кабін – 0-2 мм. Допустимий зазор між контуром вікна і шаблоном перевірки для кузовів становить 0-1,5 мм. Допустимий зазор між прорізом під кришку люка на крилі та кришкою люка бензобака для кузова легкового автомобіля становить 2-4 мм; виступ кришки люка щодо поверхні крила допускається до 1 мм.

### **3.3 Організація технологічного процесу складання «чорного» кузова (кабіни)**

Основними *елементами виробничого процесу складання* для масового виробництва «чорного» кузова (кабіни) є:

- підскладання складальних одиниць, що входять до «чорного» кузова (кабіни) та їх контроль;
- складання кузова (кабіни), включаючи доварку;
- контроль якості звареного кузова (кабіни);
- проведення окремих рихтувальних та підгоночних операцій:
- встановлення та підгонка навісних складальних одиниць;
- проведення рихтувальних операцій лицьової поверхні;
- контроль якості.

Розглянемо докладніше деякі етапи. Після проведення операції доварки кузова (кабіни) виконують зачистку поверхні кузова (кабіни), так як на лицьових деталях можуть залишатися вм'ятини і виплески в місцях точкового зварювання.

Після проведення операції зачистки поверхні на конвеєрах укомплектовують кузова (кабіни) навісними складальними одиницями та окремими навісними деталями (для кабін).

Роботи, що виконуються при укомплектуванні, містять багато ручних прийомів і важко піддаються механізації. Механізація пригонних робіт при складанні здійснюється головним чином за рахунок застосування універсальних та спеціалізованих інструментів з електро- та пневмоприводом.

В даний час передові автомобільні фірми механізують та автоматизують операції встановлення та кріплення петель дверей (якщо конструкцією кузова не передбачено їх жорстке кріплення зварюванням) та навісних складальних одиниць кузова (дверей, капота, кришки багажника).

**Сутність автоматизації** полягає в наступному: на певну позицію окремим конвеєром подаються навісні складальні одиниці, робот, що знаходиться тут, вибирає кріпильні болти і з їх допомогою зміцнює петлі на складальні одиниці, а потім встановлює складальні одиниці на кузов. Для складання використовують адаптивні роботи третього покоління з датчиками зовнішньої інформації.

На деяких складальних заводах за кордоном при установці дверей використовується робот, оснащений системою технічного зору. Встановлений на візку, що рухається, робот отримує сигнал від фотоелектричного датчика, коли кузов надходить в зону його дії. Візок з роботом тимчасово прикріплюється до стійки нижньої монорейки, після чого чотири телекамери реєструють і передають координати отворів під болти системи керування роботом. Після установки болтів робот починає рухатися разом із кузовом та пневмогайковертами загортає болти. Операція відбувається без зупинки руху кузова.

Після укомплектування навісними складальними одиницями має бути виконана операція рихтування лицьової поверхні кузова (кабіни), утвореної постановкою кришки багажника, капота, дверей та навісних крил.

Рихтування, а також вирівнювання поверхні кузовів (кабін) потрібні при виникненні дефектів (вм'ятини, вибоїни, ризики від затискачів і фіксаторів) у процесі виготовлення штампованих деталей, їх транспортування, зберігання на складах, зборки-зварювання окремих складальних одиниць кузовів (кабін) в кондуктор із зношеними у процесі виробництва фіксаторами та затискачами.

Рихтування виконують на конвеєрі, одночасно на цьому ж конвеєрі можна укомплектовувати кузов: встановлювати і навішувати двері, капот і кришку багажника. На ділянці рихтування за робочими шаблонами виробляються підгоночні операції для витримування прорізів бічних, вітрового та заднього вікон, посадкових місць задніх ліхтарів.

Якщо для забезпечення якості лицьової поверхні після рихтування потрібне вирівнювання, то технологією має бути передбачене застосування припою або пластмаси. Практично для сучасних кузовів та кабін на лицьовій поверхні застосування

припою виключено. Операцію нанесення пластмаси зазвичай виконують на конвеєрі, на окремій ділянці. Операція рихтування лицьової поверхні кузова (кабіни) здійснюється вручну.

Питання зниження трудомісткості операцій укомплектування і рихтування кузовів є найбільш актуальними і є одним з напрямків удосконалення технології та організації даної галузі виробництва кузовів та кабін.

Операція контролю повинна включати перевірку виконання на «чорних» кузовах (кабінах) всіх вимог, обумовлених в технічних умовах на виготовлення «чорних» кузовів (кабін). При контролі необхідно звернути особливу увагу на якість лицьової поверхні – якість виконання зварювання, міцність і якість нанесення пластмас, що застосовуються для вирівнювання лицьової поверхні кузова (кабіни).

Деталі та складальні одиниці, що надходять для складання-зварювання, повинні відповідати кресленням. Якість виготовлення «чорного» кузова (кабіни) контролюють у всьому технологічному циклі його виготовлення, поопераційно, безпосередньо на кожній ділянці. Послідовність проведення операцій технологічного процесу складання «чорного» кузова (кабіни) та їх здійснення для кожної моделі кузова (кабіни) можуть бути різними.

### **3.4 Установка навісних складальних одиниць на «чорний» кузов (кабіну)**

Технологічна послідовність укомплектування кузова (установка на нього навісних деталей: капота, дверей, крил тощо) зумовлена його конструкцією та аналогічна для всіх кузовів легкових (кабін вантажних) автомобілів масового та Серійне виробництво.

Сутність укомплектування кузова (кабіни) полягає в тому, щоб при найменшій витраті праці встановити і відрегулювати (за зазорами) на кузові (кабіні) всі навісні деталі без повторних регулювань з дотриманням усіх вимог монтажних креслень та технічних умов.

Сучасний технологічний процес укомплектування забезпечує досить хорошу якість кузовів. При цьому спочатку виконують всі технологічні операції, не пов'язані безпосередньо з установкою

навісних деталей, але забезпечують задані розміри окремих місць кузова, потім укомплектовують кузова.

Нижче наведена **послідовність операцій укомплектування кузовів (кабін)**, яка включає:

- виконання попередніх операцій (рихтування навісних складальних одиниць);
- з'єднання з кузовом (кабіною) деяких деталей, які легше та зручніше закріпити перед встановленням навісних складальних одиниць;
- з'єднання з кузовом петлею навісних складальних одиниць.

**Установку та регулювання кришки багажника по зазорах та сполучення поверхонь** виконують першою незалежно від конструкції кузова, так як кришка багажника має свій окремий отвір. На зібраному автомобілі кришка багажника повинна забезпечувати хорошу герметичність, надійно утримуватися у відкритому положенні, легко та вільно замикатися замком, а збіг поверхні її у закритому положенні з поверхнями даху та боковин має бути в межах допусків за кресленням та технічними умовами.

Правильне положення кришки багажника, при якому витримуються рівномірні зазори між кришкою та кромками отвору, досягається регулюванням положення петель на кришці та на кузові та роботою замка.

Щоб установка кришки багажника на кузові була правильною, її положення імітують, використовуючи для регулювання настановні деталі та блочки, які встановлюють у паз ущільнювача багажника. У його закритому положенні перевіряють зовнішній зазор, а також пару з поверхнею отвору, а у відкритому – надійне утримування кришки і величину розкриття, тобто розмір від нижньої кромки отвору до нижньої задньої кромки кришки. Після остаточної підгонки та контролю, настановні деталі та блочки демонтують.

**Встановлення та регулювання дверей по зазорах та сполучення зовнішніх поверхонь** на кузові з приварними задніми крилами починають із задніх дверей, їх навішують на кузов і попередньо регулюють. Базою для регулювання за зазорами є контур задніх крил, пороги боковин і ринви, а по сполученнях – їх зовнішні поверхні. Для визначення правильності установки

дверей щодо осі кузова, на задні кромки дверей у місці кріплення замків надягають двосторонні настановні блочки, що повторюють номінальні та максимальні розміри фальцевого зазору. В даному випадку настановні блочки виконують функції замків дверей та клямок, трудомісткість установки та зняття яких велика.

Щоб забезпечити можливість регулювання дверей, болти та гвинти остаточно не затягують. Одночасно з пристосуванням та регулюванням задніх дверей, на кузов встановлюють передні крила, але не закріплюють їх остаточно, щоб відрегулювати по зазорах після установки передніх крил, так як інакше передні крила незручно навішувати на кузов.

Базою для попередньої установки передніх крил є зазори між крилом та верхньою панеллю передка, між крилом та порогом боковини, а також збіг зовнішніх поверхонь крила та порога по лінії молдингу порога.

На окремих кузовах верхня та нижня панелі можуть бути поєднані в одній деталі. Після цього передні двері навішують і регулюють за зазорами аналогічно заднім. Базою для регулювання служать зазори між дверима, порогами боковин і ринв, а по сполученню задні двері і пороги боковин.

Потім у разі потреби остаточно регулюють двері по зазорах та сполучення поверхонь, після чого петлі прикріплюють до кузова та дверей. Наставні блочки є обмежувачами відчинення дверей для фіксації в певному положенні.

Передні крила закріплюють відповідно до настановних зазорів, а також з урахуванням зазору між остаточно встановленими передніми дверима. При наявності приварених передніх крил, наприклад, для кузова ВАЗ-2109 можна спочатку встановлювати і регулювати передні двері.

Останнім часом широкого поширення набула конструкція, дверей з приварними петлями, для неї характерні спрощення регулювання дверей та вищі вимоги до якості дверних отворів та точності геометричних параметрів дверей.

На передових автомобільних заводах зарубіжних фірм автоматизовані приварювання петель до дверей та підганяння дверей до кузова, а також контроль цієї операції за допомогою системи управління, оснащеної ЕОМ.

### 3.5 Встановлення та регулювання капота по зазорах

Встановлення та регулювання капота по зазорах завершує укомплектування. Для цього капот попередньо кріплять до кузова, не затягуючи болти, регулюють за зазорами щодо поверхні панелі передка (нижньої панелі передка) та облицювання радіатора (стійки верхньої панелі облицювання радіатора), що забезпечує його правильне положення від верху рами та осі передніх коліс. Для його регулювання використовують передні (задні) і бічні блочки, ввертають штир замку капота і фіксують його контргайкою.

Змінюючи положення настановних блочків і замку капота, остаточно регулюють капот по зазорах з деталями, що сполучаються, а потім його встановлюють.

При цьому перевіряють роботу петель (вони повинні відкриватися одночасно), замка та штиря капота. Капот повинен легко і вільно відкриватися і закриватися і зберігати в закритому положенні необхідні зазори в поєднанні з іншими деталями.

Залежно від конструкції кузова петлі капота можуть розташовуватися по-різному (на облицювання радіатора або на щитку передка), при цьому капот може відкриватися по ходу або проти руху. Але принцип регулювання в обох випадках однаковий.

### 3.6 Інструмент, що застосовується при укомплектуванні кузовів (кабін)

Для виконання укомплектувальних робіт застосовують різьбозавертаючі машини, гайкові та спеціалізовані кріпильні ключі, ручні викрутки та інший складальний інструмент.

Різьбозавертаючі машини діляться на типу приводу на електричні та пневматичні; по виду загвинчуваних деталей – на гайковерти, шуруповерти, гвинтоверти та шпильковерти; за принципом дії – на безударні та ударні; по конструктивному виконанню – на прямі та кутові. З найпоширеніших ручних різьбозавертних машин є гайковерти.

**Електричний гайковерт** призначений для загвинчування, затягування та відгвинчування різьбових з'єднань різного діаметра. Гайковерт складається з ударно-обертального

механізму, редуктора, електродвигуна, рукоятки з вимикачем і струмопровідним кабелем. Крутний момент від електродвигуна через редуктор передається на шпindel. У комплекті гайковерта може бути набір ключів.

Приводом *пневматичного гайковерта* служить реверсивний ротаційний пневматичний двигун, ударно-обертальним пристроєм є кулачковий ударний механізм.

Конструкції гайковерта є різними. Пневматичні гайковерти, що випускаються в даний час, з регульованим моментом затяжки дозволяють отримати необхідне осьове зусилля в різьбових з'єднаннях різного діаметру. Кутові гайковерти служать для загвинчування та відгвинчування болтів, гайок у важкодоступних місцях.

Для попередніх рихтувальних робіт з навісними складальними одиницями перед укомплектовкою, використовують різні рихтувальні інструменти, а також електричні та пневматичні шліфувальні машинки.

## **4 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ «ЧОРНИХ» КУЗОВІВ**

### **4.1 Контроль якості виготовлених «чорних» кузовів (кабін)**

Перед здачею «чорних» кузовів (кабін), їх поверхню перевіряють контролери, після чого всі виявлені дефекти усуваються за допомогою рихтувальних інструментів. Основними вимогами до якості поверхні кузовів (кабін) є:

- лінії, утворені поверхнями двох або декількох панелей, повинні бути плавними;
- лицьові панелі, що піддаються контролю, повинні бути ретельно відрихтовані і не мати слідів від редагування та зварювання.

Для вирівнювання, на місця що не піддаються рихтуванню, повинна бути нанесена пластмаса (припій) або вони повинні бути закриті декоративними деталями. Сліди нерівностей без різких переходів, допустимі при виготовленні «чорних» кузовів (кабін) можуть бути розташовані тільки в місцях, дозволених технічними умовами, і не повинні перевищувати глибини і площі, передбаченої технічними умовами.

Двері, крила та інші навісні деталі мають бути укріплені надійно та без перекосів. Розбіжність поверхонь, що сполучаються (крил з дверима, дверей з порогами, між кришкою багажника і поверхнями, що примикають до неї, тощо) не повинно перевищувати допустимих відхилень, а також повинні бути витримані всі компоновальні зазори (по периметру дверей, між капотом і крилами, та ін.).

Якість лицьової поверхні кузовів (кабін) перевіряють зовнішнім оглядом та на дотик долонею руки у бязевій рукавичці. В окремих випадках якість поверхні порівнюють із затвердженим контрольним зразком.

Після регулювання навісних складальних одиниць перевіряють зазори та при необхідності підтягують гвинти, шурупи та гайки. Зазори дверей, кришки багажника і капота в закритому положенні контролюють калібрами. Момент затяжки при кріпленні навісних складальних одиниць визначають за



допомогою динамометричних ключів та різних викруток.

Для забезпечення стабільності складання кузовів (кабін) виробляють періодичний обмір прорізів вікон, дверей, капота, кришки багажника, а також кузова (кабіни). Зазвичай такі контрольні обміри виробляють у лабораторних умовах із застосуванням кузовимірювальних машин.

## **4.2 Виявлення дефектів на поверхні кузова**

До дефектів «чорного» кузова (кабіни) відносяться дефекти, що виникають при штампуванні, транспортуванні деталей, неякісному складанні-зварюванні в кондукторах або укомплектуванні, – вм'ятини, вибоїни, зазори, виступи-западання однієї деталі та ін. Всі ці дефекти відносять до зовнішніх дефектів.

Всі дефекти на поверхні «чорних» кузовів (кабін) умовно можна розділити на великі (вм'ятини і виступи розміром 0,1 мм, розбіжність кромek, що зварюються) і дрібні (невеликі вм'ятини і невеликі нерівності).

Після укомплектування кузовів (кабін) навісними складальними одиницями можуть бути виявлені перекоси, відхилення зазорів, виступи-западання дверей, кришки багажника, капота щодо поверхонь їх прорізів.

Більшість із перелічених дефектів лицьової поверхні виявляються при зовнішньому огляді «чорного» кузова (кабіни). Перекоси, невитримані зазори, виступи-западання навісних складальних одиниць усуваються регулюванням та підтягуванням гвинтів, шурупів та гайок.

## **4.3 Рихтувальні операції**

Для усунення дефектів лицьової поверхні кузовів (кабін) виконують такі рихтувальні операції: правку, нанесення швидкозатверділих пластиків та олов'янисто-свинцевих припоїв.

Правка механічною дією служить для усунення вм'ятин, вибоїн, нерівностей та деяких інших дефектів на лицьовій поверхні, які усувають ручними рихтувальними операціями.

Рихтувальні операції можна виконувати залежно від технологічної особливості деталі, складальної одиниці безпосередньо на ділянках попереднього складання. Для цього

створюють робочі місця та рихтування виробляють безпосередньо на зібраному кузові на окремих конвесах. Попередньо наявність на поверхні нерівностей робітник-рихтувальник оцінює долоною.

У місцях виявлення нерівностей проводять рихтувальні операції за допомогою рихтувальних пилок, насаджених на оправку. Здійснюючи вручну зворотно-поступальний рух поверхнею деталі, знімають нерівності і залишають сліди, що показують місця, де необхідно проводити правку шляхом видавлювання (вибивання, вистукування).

Вм'ятини на лицьових панелях кузова (кабіни) вирівнюються методом вибивання увігнутої ділянки до надання йому правильної кривизни з подальшим рихтуванням видавленої поверхні.

При рихтуванні стежать за тим, щоб частими ударами по тому самому місцю не розтягнути метал більше, ніж це необхідно. Бойок рихтувального молотка повинен мати поліровану, злегка округлену робочу поверхню.

Слід зазначити, що правка увігнутих поверхонь, у яких метал не розтягнутий, методом видавлювання і подальшим рихтуванням із застосуванням незначного ударного навантаження, не має великого впливу на фізико-механічні властивості металу виправленої ділянки.

Усунення опуклостей, пагорбів у холодному стані, засноване на розтягуванні металу по концентричних колах або по радіусах від опуклості, бугра до пошкоджених частин металу з плавним переходом від найвищої частини опуклості до іншої поверхні деталі.

Для цього по металу в напрямку від опуклості або бугра до увігнутої частини поверхні молотком наносять ряд послідовних ударів по колу, причому в міру наближення до кордону опуклості або бугра силу удару знижують.

Чим більше кількість концентричних кіл на деталі, що піддається рихтуванню, тим плавніший перехід від опуклості або бугра до неущкодженої частини металу.

Для остаточної рихтування поверхні після видавлювання (вистукування) вм'ятин, опуклостей, пагорбів та інших нерівностей поверхню шліфують за допомогою ручних

шліфувальних машин із шліфувальними дисками. При круговому обертанні шліфувальних дисків відбувається зняття дрібних нерівностей з поверхні, що обробляється.

Ризки, дрібні подряпини, що виходять при шліфуванні дисків, остаточно зачищають дрібнозернистою шліфувальною шкіркою.

#### ***Вирівнювання поверхні із застосуванням пластмаси.***

Порошкоподібну пластмасу зберігають у закритому сухому опалюваному складському приміщенні. Перед застосуванням підсушують при температурі 70-75°C протягом 2,5 год, перемішуючи через кожні 30 хв. Під час сушіння шар порошку пластмаси не повинен перевищувати 50 мм. Висушений матеріал зберігають на робочому місці в герметичній тарі, щоб уникнути її вторинного зволоження.

Перед нанесенням пластмаси, лицьову поверхню кузова відповідним чином підготовляють: видаляють іржу, окалину, виробничий пил та масло, а також створюють шорсткість поверхні електрошліфувальною машинкою з диском, металевою щіткою або різним абразивним інструментом.

Шорстка поверхня забезпечує краще зчеплення пластмаси з основним металом. Зварні шви, отримані газовою, дуговою та контактною зварками, а також місця, недоступні для фібрового диска, обробляють пневмошліфувальною машинкою з шарошками різної форми. Поверхню слід підготувати не раніше ніж за 8 годин до нанесення пластмаси.

Інструмент та обладнання для ручних операцій рихтування такі: рихтувальні молотки та пили, комплект оправок та прасувалок, викрутки, лотки, борідки, виколотки, зубила, шабери та напилки.

Для обробки поверхонь кузова (кабіни) після ручних операцій рихтування, а також перед нанесенням пластмаси або припою, обробки поверхні після нанесення пластмаси та припою, застосовують спеціальний інструмент – ручні шліфувальні машинки, призначені для шліфування та полірування поверхонь деталей, а також для зачистки зварних швів.

Ручні шліфувальні машинки поділяються по типу приводу на електричні і пневматичні; за принципом роботи – на радіально-, плоско- та стрічково-шліфувальні; по конструктивному

виконанню – на прями, кутові та торцеві.

Шліфувальна машинка складається з корпусу, електродвигуна, пускового пристрою, редуктора, шпинделя, регулятора частоти обертання та кожуха.

При доводкових роботах більше застосування мають плоскошліфувальні машинки, у яких робочим органом служить плоска платформа з абразивною шкіркою, що здійснює зворотно-поступальний або орбітальний рух.

Робочим інструментом для шліфувальних машинок є шліфувальні круги і головки, виконані на бакелітовій або вулканітовій основі, еластичні диски, полірувальні фетрові круги та зачисні щітки.

## 5 ФАРБУВАННЯ ТА НАНЕСЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

### 5.1 Загальні відомості про лакофарбові покриття

Випускані автомобільними заводами легкові та вантажні автомобілі повинні мати гарний зовнішній вигляд, що не останньою мірою залежить від фарбування їх лакофарбовими матеріалами. Крім того, якісно виконаний технологічний процес підготовки та фарбування автомобільних деталей та складальних одиниць забезпечує надійність покриттів, що захищають від корозії.

Лакофарбові матеріали, що застосовуються в автомобілебудуванні, повинні мати високу якість та стійкість, а сам процес фарбування має бути проведений дуже ретельно з дотриманням усіх правил.

**Зовнішній вигляд лакофарбового покриття** визначають за такими показниками: ступеня блиску (%); кількості включень (в шт/м<sup>2</sup>), їх ширині, довжині та відстані між ними; крокрені та її розмірів; потік; ризкам-штрихам; хвилястості та її розмірів, різновідтінності та неоднорідності малюнка.

При визначенні класу необхідного лакофарбового покриття в кузовному виробництві, залежно від класу автомобіля, орієнтуються на такі групи:

- кузови легкових автомобілів вищого класу;
- кузови інших легкових автомобілів;
- кабіни вантажних автомобілів, кузова автобусів та оперення до них;
- платформи вантажних автомобілів.

За ступенем блиску покриття ділять на глясові, напівглясові та матові. Ступінь блиску залежить як від використаного лакофарбового матеріалу, так і від обраного технологічного процесу фарбування.

Легкові та вантажні автомобілі експлуатують у різних атмосферних умовах. На них впливають опади, сонячна радіація, морський туман, високі температури влітку (до +60°C) та низькі взимку (до -60°C). У разі тропічного клімату додається ще дія біологічних чинників (грибкова цвіль, гризуни, терміти), висока

відносна вологість.

При експлуатації автомобілів в умовах Далекої Півночі вони піддаються впливу снігового пилу, інею, зледеніння та ін. Все це визначає високі вимоги, що пред'являються до міцності та стійкості лакофарбової плівки у різних умовах. Прийняте умовне позначення покриттів АТХ означає, що ці покриття є атмосферостійкими (А), для умов тропічного (Т) та холодного (Х) клімату.

Лакофарбове покриття здійснюють послідовним нанесенням шарів матеріалів різного призначення (грунтовка, шпаклівка, емаль), що в цілому забезпечують вимоги до класу обробки, зовнішнього вигляду покриття та стійкості в умовах експлуатації.

При різних масштабах виробництва процеси фарбування залишаються ті ж, проте їхня організація різна.

Так, при малому випуску всі роботи ведуться без механізації з великою витратою ручної праці, застосовуються фарбувальні та сушильні тупикові камери, відсутній конвеєрно-транспортний зв'язок між операціями.

Зі збільшенням масштабу виробництва утворюється і поступово збільшується механізація, транспортний зв'язок із застосуванням автоматизації при великому масштабі виробництва.

Основною умовою, що визначає довговічність кузова (кабіни), є ретельна захист всіх внутрішніх, зовнішніх і закритих поверхонь від корозії. Достатньо наявності невеликої оголеної до металу ділянки, щоб він у процесі експлуатації став осередком корозії.

У конструкції кузовних деталей повинні бути передбачені:

- можливість повного фарбування фунтом всіх поверхонь як зовнішніх, внутрішніх, так і закритих;
- стік миючих рідин та ґрунтів, що застосовуються в процесі фарбування;
- можливість покриття мастиками всієї основи кузова та зварних з'єднань.

## **5.2 Підготовка кузова до фарбування**

Вимоги щодо підготовки поверхні деталей до фарбування. Найважливішою умовою отримання хорошої якості фарбування є

правильна підготовка поверхні, яка полягає в очищенні поверхонь кузовних деталей, що фарбуються, кабін і кузовів від іржі, жирових забруднень, штампового мастильного матеріалу.

При непідготовленій поверхні шар фарби буде погано прилипати до металу, його декоративні якості будуть знижені, а лакофарбова плівка, що утворилася, передчасно зруйнується і відшарується.

Методи підготовки та очищення технології вибирають залежно від ступеня забрудненості поверхні кузовів та кузовних деталей з урахуванням наведених нижче даних довговічності лакофарбового покриття (термін експлуатації, рік) за різних методів підготовки поверхні.

Найбільш поширеними способами підготовки є механічний, хімічний та змішаний.

### **5.2.1 Механічний спосіб підготовки**

До нього відноситься ручне оброблення механізованим інструментом. При появі на поверхні кузовів вогнищ корозії, що заважають нанесенню якісної плівки будь-якого покриття, потрібне очищення поверхні.

Якщо не забезпечують таке очищення нормальні технологічні операції в потоці, їх доводиться доповнювати ручним механічним очищенням.

При ручному способі очищення, пухку іржу і бруд знімають щітками, а окалину (кольору втеченості) шліфувальними машинками та шліфувальними шкурками. Щітки застосовують із щетини, капрону або сталевих дроту.

Механізовану обробку проводять електричними чи пневматичними машинками. Типи машинок підбирають в залежності від умов обробки за спеціальними таблицями.

### **5.2.2 Хімічні методи підготовки**

Найпоширенішими методами підготовки поверхонь є хімічні: травлення, знежирення, фосфатування, пасивування. Хімічні способи підготовки поверхні кузовних деталей та кузовів застосовують на механізованих комплексах фарбування деталей та агрегатах підготовки кузовів до фарбування.

Травлення застосовують у разі необхідності видалення іржі в

разових випадках появи на кузовних деталях. Для цього використовують розчини, які містять фосфорну кислоту.

Для одночасного знежирення та травлення поверхні застосовують також розчини, що містять фосфорну кислоту. Час обробки при зануренні в розчин становить 5-10 хв (температура розчину 60-70°C), а при струминній обробці 3-5 хв.

Знежирення застосовують для деталей кузова, забруднених мінеральними маслами, консерваційними та штамповими мастильними матеріалами.

Спосіб знежирення вибирають за видом та ступенем забруднення. Знежирення поєднують з процесами підготовки деталей до збирання-зварювання кузовів та підготовки поверхні кузовів до нанесення лакофарбових покриттів на автоматизованих лініях.

При слабкій та середній забрудненості найбільшого поширення набуло знежирення лужними розчинами. Товстий шар мастильного матеріалу промивають органічними розчинниками. З лугів застосовують їдкий натр, кальциновану соду, тринатрійфосфат, які добре змивають та емульгують жири та масла, внаслідок чого вони легко видаляються. Для утворення більш стійких емульсій в розчини лугів додають деяку кількість емульгаторів: мила, рідкого скла та ін.

При введенні у водні лужні розчини поверхнево-активних речовин (ПАР) різко підвищується їх миюча дія, оскільки ПАР здатні адсорбуватися на поверхні металу. Зміст ПАР не повинен перевищувати 10 %. Найчастіше застосовують сульфоноли натрію.

Поширеним способом знежирення є розбризкування форсунками миючих розчинів при температурі 50-70°C під тиском 100-200 кПа у спеціальних мийних камерах. Після промивання розчином лугів протягом 1-2 хв проводиться промивання у воді або пасивуючим розчином. Для пасивації застосовують розчин хромпіку або натрію нітриту концентрацією 5 г/л.

Струменеві мийні камери встановлюють або періодичної дії, або вбудованими в конвеєр з фарбувальними камерами. Мийна камера складається з ванн і системи труб з форсунками, що розбризкують, розташованими по периметру камери з таким



розрахунком, щоб рідина яка подається з форсунок, омивала всі оброблювані поверхні.

Розчини подаються відцентровим насосом. Щоб усунути потрапляння рідини з ванни у ванну, камери розташовують на певній відстані, а стік рідини між ними роблять із ухилом до попередньої камери.

Для знежирення органічними розчинниками застосовують лаковий гас (уайт-спірит), бензин, скипидар, дихлоретан та ін. Найбільш простий спосіб знежирення – промивання поверхні ганчіркою, змоченою розчинником.

Незважаючи на те, що такий спосіб не забезпечує достатньо повного знежирення виробів, його все ж таки широко застосовують, особливо при очищенні великих поверхонь. І тут задовільна якість забезпечується лише за умови часткої зміни розчинника.

На ВАЗі перед агрегатом підготовки кузова до фарбування застосовані установки розкислення, що включають камеру автоматичного розпилення кислотного складу і тунель, що з'єднує її з зоною стоку робочого розчину в зливні ємності і зоною промивання кузова технічною водою. Цей автоматизований процес впроваджений замість ручної операції протирання поверхні кузова уайт-спіритом за допомогою ганчірки.

**Фосфатування** – обробка добре очищеної поверхні металу розчином фосфорнокислих солей, при якій на поверхні утворюється тонка захисна плівка нерозчинних у воді фосфатів, що має кристалічну пористу будову та гарну адгезію (прилипання) лакофарбового покриття.

Застосовують його з метою отримання покриття, що має (після поєднання з лакофарбовою або масляною плівкою) підвищену антикорозійну здатність. Фосфатний шар є покриттям та фунтом під лакофарбове покриття.

При пошкодженні фосфатно-фарбового шару корозія відбувається лише на ділянці пошкодження і не поширюється під покриттям. Фосфатують кузовні деталі, а найчастіше кузова у зборі.

Фосфатування буває нормальне та прискорене. Прискорене фосфатування і поліпшення фосфатної плівки досягаються

шляхом введення в розчин фосфатів марганцю і заліза, а також різних добавок, до яких відносяться окиси міді, солі нікелю, мідні солі, азотнокислий натрій, марганець, цинк та ін. за 2-5 хв.

Покриття, отримані при прискореному фосфатуванні, значно поступаються антикорозійної здатності покриттям, отриманим при нормальному фосфатуванні. Наявність міді зменшує суцільність шару та активізує корозію основного металу в агресивному середовищі. Тому для підвищення захисної здатності рекомендується після фосфатування обробляти вироби розчином хромпіку концентрацією 1-3 г/л (пасивація).

Внаслідок прискореного фосфатування на поверхні металу утворюється плівка товщиною не більше 3 мкм, питомою масою 1-6 г/м<sup>2</sup>. Шар більшої товщини при механічному впливі на виріб відшаровується.

Якість фосфатних плівок на виробах у виробничих умовах визначають візуально. Плівка має бути дрібнокристалічної будови, сірого кольору і рівномірно розподілена по поверхні. До дефектів плівки можна віднести наявність просівів, шламу та великокристалічна будова.

Найважливішою умовою хорошої підготовки поверхонь є чистота розчинів у всіх ваннах та необхідна їх концентрація. Якщо знежирюючий розчин недостатньої чистоти, то при розпиленні розчину під тиском різні сторонні включення в розчині забивають пори металу, і видалити їх після жодних промивань не вдається. Проступаючи через фосфатний шар, сторонні включення порушують його і створюють напруги в емалевих плівках, що призводить до їх руйнування та виникнення вогнищ корозії. Бондеритний розчин також має бути чистим для забезпечення гарної роботи розпилювачів, швидшого проходження реакції та чистоти плівки. Чисті розчини отримують фільтрацією через полотняні або паперові фільтри, що безперервно діють.

При фосфатуванні кузовів та кузовних деталей на фосфатній поверхні виявляються пори (приблизно на 0,2 % обробленої поверхні), у яких метал перебуває в активному стані. Для значного підвищення захисних властивостей фосфатного покриття та забезпечення якості підготовки поверхні під фарбування, після основного промивання виконують додаткове

промивання – пасивацію розчином хромпіку або ангідриду хрому. Пасивуючі розчини готують з використанням демінералізованої води, а обробку тіл проводять при температурі 40-60°C, пасивуючий розчин в установці замінюють 1 – 2 рази на тиждень.

Фосфатна плівка легко адсорбує розчинні солі, що містяться в розчинах і воді, що промиває, що є причиною утворення бульбашок під лакофарбовим покриттям під час експлуатації кузовів в умовах підвищеної вологості, тому для промивання і приготування розчинів використовують знесолену воду.

Досвід останніх років показує, що найкращий результат дає подвійне знежирення:

- перше – у ванні зануренням,
- друге – струменевим способом.

В даний час найпередовішим є технологічний процес знежирення, фосфатування та промивок зануренням.

Організація технологічного процесу підготовки поверхні кузова під фарбування за різних масштабів виробництва залежить великою мірою від конкретних умов виробництва. Підготовка поверхні кузова проводиться при малому масштабі виробництва вручну із застосуванням ручних пневмо- та електрошліфувальних машинок.

Найчастіше ці кузови або кабіни пропускають через агрегат бондеризації з зануренням і струменевим обливом, що дозволяє підготувати внутрішні приховані поверхні. Тут проводяться знежирення, промивання, пасивування та фосфатування. При збільшенні випуску ручна підготовка замінюється на механізовану обробку в потоці перед агрегатом бондеризації.

### **5.3 Нанесення лакофарбових та спеціальних покриттів**

Послідовність нанесення лакофарбових покриттів. Для забезпечення високих вимог, що пред'являються до фарбування кузовів (кабін), потрібні надійний технологічний процес фарбування та суворе його дотримання.

Технологічний процес фарбування складається з наступних трьох основних операцій: ґрунтування, шпаклювання, остаточного фарбування.

Ґрунтування по підготовленому металу – нанесення першого

шару лакофарбового матеріалу на очищену, знежирену, промиту та фосфатовану поверхню металу. Шар фунта є основою покриття, він забезпечує надійне зчеплення з підготовленим до фарбування металом і наступним шаром фарби, має високі антикорозійні властивості, механічну міцність.

Шпатлювання – це процес вирівнювання виявлених дрібних дефектів (рисок, вм'ятин та ін.) заґрунтованих поверхонь кузова за допомогою шпаклівок для створення умов отримання кінцевої рівної, гладкої та блискучої плівки.

Шпаклівка є густою, в'язкою масою, що складається з суміші пігментів з наповнювачами, які замішані в плівкоутворюючому речовині. Інструментом для нанесення шпаклівки є шпатель.

Для шпаклювання кузовів застосовують шпаклювання висихає в природних умовах і утворює стійку плівку з хорошою адгезією до ґрунту; також висихає у природних умовах; шпаклівка наноситься в суміші зі спеціальним затверджувачем (що надходить комплексно зі шпаклівкою) шпателем на заґрунтовані поверхні або безпосередньо на метал, вона висихає або на повітрі за природних умов, або за підвищеної температури, плівка має високу стійкість і хорошу адгезію до металу і ґрунту. Необхідно мати на увазі, що шпаклівка знижує механічну міцність покриття, тому не рекомендується наносити її товстим шаром.

Для кращого вирівнювання лицьової поверхні, крім місцевих виправок, густою шпаклівкою роблять ще суцільне покриття другою ґрунтовкою, яку наносять на поверхню суцільним тонким шаром пневматичним розпиленням або розпиленням в електричному полі.

Додатковий шар ґрунтовки, що вирівнює поверхню, посилює протикорозійну міцність всієї плівки і особливо окремих ділянок, випадково оголених до металу в процесі виробництва.

Як додаткову, застосовують епоксидну ґрунтовку, яку наносять на попередньо заґрунтовану поверхню, а потім піддають гарячому сушінню. Плівка цієї ґрунтовки має високі фізико-механічні властивості.

Гліфталеві ґрунтовки наносять також розпиленням або в електричному полі. Ці матеріали потребують гарячого сушіння. Кожен шар нанесеної ґрунтовки необхідно просушити в умовах,

що відповідають технічним вимогам на застосований матеріал, а потім для загладжування поверхні шліфувати абразивними водостійкими шкірками (зернистість № 4, 5).

При використанні водостійких шкірок шліфування виконують, рясно змочуючи поверхню водою. Пофарбовану поверхню можна шліфувати вручну або за допомогою спеціальних шліфувальних машинок. На сучасних заводах з масовим випуском продукції операція шліфування механізована, це знижує трудомісткість та підвищує якість обробки поверхні.

Остаточне фарбування повинне проводитися по заґрунтованій, зашпатльованій і відшліфованій поверхні. Для автомобільних кузовів (кабін), автобусів та їх деталей застосовують меламінно-алкідні синтетичні емалі. Ці емалі забезпечують високі фізико-механічні властивості та якість покриття.

Синтетичні емалі набули найширшого поширення; вони надійні в експлуатації, їх нанесення – менш трудомістка операція. Синтетичні емалі можна наносити на поверхню будь-якими способами. Для отримання хорошої якості поверхні – блиску, чистоти та гладкості – емалі рекомендується наносити пневматичним розпиленням, а також розпиленням в електричному полі.

Одним із важливих факторів, що визначають якість та термін служби лакофарбового покриття на автомобілі, є загальна товщина плівки. Тонке покриття нестійке до стирання, не забезпечує необхідної захисту від корозії, не дає необхідного блиску.

Надмірно товсте покриття стає крихким і втрачає стійкість до зміни температури. Встановлено, що оптимальні результати досягаються, коли загальна товщина покриття при застосуванні синтетичних емалей знаходиться в межах 80-120 мкм.

Способи нанесення лакофарбових матеріалів. Найстарішим способом фарбування є фарбування кистями. В даний час їх застосовують при остаточному оздобленні, коли потрібна підправка або підфарбування невеликого дефекту на нелицевій поверхні кузова, складальної одиниці або деталі. Таку роботу виконують волосяними пензлями флейц або художніми, зазвичай невеликих розмірів.

Забарвлення зануренням набуло широкого поширення у промисловості. Масове фарбування в автомобілебудуванні здійснюють на підвісних конвеєрах. Знежирені, промиті, фосфатовані деталі подають конвеєром у ванну, наповнену лакофарбовим матеріалом.

Через певний проміжок часу деталі повністю покриваються фарбою. Надлишки фарби (по ходу конвеєра) стікають у ванну та лотки стоку (з лотків стоку теж повертаються у ванну).

Потім проходять через сушильну піч, де деталі піддаються сушінню при температурі та часі згідно з технічними умовами на застосований лакофарбовий матеріал.

Процес фарбування деталей зануренням має такі переваги:

- може бути механізований і не вимагає витрат висококваліфікованої праці (підготовка до фарбування, стік надлишків фарби, сушіння плівки – все відбувається при конвеєрі, що рухається);
- простий у виконанні та не вимагає складного обладнання;
- забезпечує мінімальні втрати лакофарбових матеріалів (надлишки фарби стікають у ванну);
- повністю фарбуються всі зовнішні та внутрішні поверхні деталей, чим забезпечується необхідний захист від корозії.

До недоліків цього способу можна віднести:

- фарбування деталей лише в один колір на кожній установці;
- утворення напливів або потік фарби на деталях, особливо складної форми або мають поглиблення.

Правильно підбираючи підвіску або перемішуючи емаль у ванні, не завжди вдається отримати позитивні результати, тому забарвлення зануренням найчастіше застосовують для деталей не декоративних, не лицевих, а всередині кузова.

Від правильності вибору форми підвіски залежать якість фарбування, витрата лакофарбового матеріалу та пропускну здатність ділянки. Найбільш типовими слід вважати підвіски у вигляді гачків, ялинки, граблів.

При фарбуванні зануренням можна використовувати будь-які лакофарбові матеріали за винятком швидковисихаючих. Перевагу

віддають непігментованим або малопігментованим матеріалам гарячої сушіння, що дає при користуванні найменшу кількість опадів, таким, наприклад, як масляно-бітумні лаки та емалі на основі водорозчинних плівкоутворюючих.

Ванна для занурення є звареною конструкцією, закритою кожухом, в якому розташоване обладнання для витяжної вентиляції. Ванна повинна мати обсяг, що дозволяє повністю завантажити деталі, що фарбуються. Для забезпечення якості фарбування у ванні передбачено пристрій для безперервного перемішування та фільтрації емалі.

За вимогами пожежної безпеки лакофарбовий матеріал призначений для фарбування зануренням повинен зберігатися в підземному резервуарі і подаватися насосом у ванну тільки під час роботи. Після закінчення роботи бак через зливну трубу протягом не більше 5-7 хв повинен бути повністю випорожнений.

Забарвлення струминним обливом полягає в тому, що деталь, що підлягає фарбуванню, подають у спеціальну установку, де обливають лакофарбовим матеріалом з подальшою витримкою в парах розчинників. Спосіб набув поширення в кузовобудуванні, тому що має переваги в порівнянні з процесом занурення:

- найкращий зовнішній вигляд покриття;
- менший обсяг лакофарбових матеріалів знаходиться в роботі;
- процес автоматизований та має високу продуктивність;
- можливість одночасно фарбувати деталі різних розмірів та форм;
- скорочено втрати лакофарбових матеріалів.

До недоліків процесу слід віднести:

- підвищену витрату розчинника;
- можливість фарбування деталей на одній установці лише в один колір;
- наявні дефекти не дозволяють фарбувати цим способом лицьові деталі;
- потрібні великі виробничі площі щоб розміщувати устаткування.

Лакофарбовий матеріал наносять способом струминної обливи у спеціальних установках безперервної дії. Деталі

конвеєром подаються в зону облива, проходять через спеціальні трубчасті контури із соплами, куди під тиском надходить лакофарбовий матеріал. По ходу конвеєра деталі обливають фарбою, яка проникає у сполучення та інші вузькі місця.

Надлишок фарби стікає в піддон, а потім у бак, звідки насосом знову подається трубчасті контури для повторного використання. Облита фарбою деталь, рухаючись далі конвеєром, надходить у тунель, заповнений парами органічного розчинника.

Висока концентрація розчинника затримує випаровування, покращує розлив фарби, внаслідок чого зменшується кількість натіків, наплавів та інших дефектів покриття. Деталь рухається тунелем протягом 3-15 хв при температурі не вище 18-20°C. З тунелю пофарбовані деталі потрапляють у камеру для сушіння.

Забарвлення струменевим обливом з наступною витримкою в парах розчинників рекомендується в масовому виробництві при нанесенні ґрунтовок або емалей на неліцьові деталі для їх захисту від корозії та деталі, що йдуть у запасні частини.

Забарвлення методом електроосадження (електрофорез) за останні роки набуло широкого поширення як новий прогресивний спосіб фарбування автомобільних кузовів. Поряд із усіма перевагами, властивими процесам забарвлення зануренням і обливом, цей метод позбавлений їх недоліків.

У процесі електроосадження на виріб з водного розчину фарби при впливі постійного струму наносять плівкоутворювач. Виріб служить електродом і пов'язаний з одним із полюсів джерела постійного струму.

Іншим електродом є металевий корпус ванни або металеві пластини спеціально опущені у ванну. Процес електроосадження може бути анодним (анафорез) або катодним (катафорез) залежно від того, де відбувається нанесення фарби – на аноді або на катоді.

Методом електроосадження катафорезу в нашій країні (у колишньому СРСР) фарбували кузови автомобілів ВАЗ, АЗЛК, ІЖ, переходять на цей метод інші автомобільні заводи Росії.

Сутність анодного електроосадження водорозчинних лакофарбових матеріалів полягає в утворенні осаду на аноді (виробі, що фарбується) в результаті хімічних перетворень плівкоутворювальної речовини під дією електричного струму.



При катодному електроосадженні частинки плівкоутворювальної речовини під дією електричного струму іонізуються і рухаються до катода, яким є виріб, що фарбується. Процес катодного електроосадження протікає в кислому середовищі.

Основним дефектом покриття при нанесенні матеріалу способом електроосадження (анафорезом) є «кратероутворення». Кратери – це місця локалізації на аноді кисню, що виділяється при електролізі води. При підвищенні температури і рН робочого розчину матеріалу інтенсифікується виділення  $O_2$ , що сприяє посиленню кратероутворення.

При катодному електроосадженні виключається електрохімічне розчинення металу, що фарбується, і окислення сполучного, забезпечується краща лугостійкість і водостійкість покриттів в порівнянні з анодними плівками. В електроосадженої плівці на основі амонієвих сполучних, міститься велика кількість атомів азоту, рівномірно розподілених по ланцюгу макромолекул.

Завдяки цьому попереджається процес корозії металу під лакофарбовою плівкою, немає поверхневого «кратероутворення». Все це забезпечує значно кращі захисні властивості покриттів.

Перевагою катодного електроосадження є також те, що до попередньої хімічної підготовки поверхні пред'являються менш жорсткі вимоги.

Формування покриття при катафорезі відбувається з індивідуальним осадженням кожної структурної одиниці полімерного матеріалу, що призводить до формування плівки дрібної структури. У зв'язку з цим декоративні та захисні властивості покриттів значно вищі.

У процесі осадження частинок фарби на кузов зменшується концентрація розчину. Відповідно знижується до 30-40 % первісного значення корозійна стійкість покриття. При досягненні нижньої межі вмісту сухого залишку у розчині, ванну доповнюють фарбою.

Інтенсивність витрати фарби ванни характеризується часом оборотності, тобто часом повної заміни фарби. Залежно від властивостей плівкоутворювального матеріалу час оборотності становить 15-20 діб. Коригування сухого залишку може здійснюватися шляхом додавання у ванну вихідного

лакофарбового матеріалу необхідної кількості.

Установка ультрафільтрації дозволяє майже повністю виключити втрати фарби в процесі електроосадження, пов'язані з коливаннями рН і вмісту сухого залишку розчину.

Ультрафільтрація – це молекулярний поділ розчину на складові при проходженні через напівпроникні мембрани (фільтруючі елементи установки). Фільтруючі елементи виготовляють із пористих полімерів у вигляді труб, поверхню яких покривають ультрафільтраційною плівкою.

Основне обладнання для електроосадження пов'язане в лінію єдиним конвеєром. За допомогою підвісного конвеєра безперервної дії кузова безперервно рухаються та перемішуються у ванні електроосадження. Лінії безперервної дії повністю автоматизовані, вони дуже продуктивні. Ці лінії, крім установки електроосадження, включають агрегат підготовки поверхні кузовів і сушильну камеру для затвердіння покриттів.

В даний час основним методом ґрунтування кузовів та кабін є електроосадження (катафорез) із застосуванням ультрафільтрації. Поширення методу сприяли наступні переваги:

- рівномірність товщини плівки, включаючи гострі кромки та кути;
- відсутність потоків, неминучих при звичайному зануренні;
- повна автоматизація технологічного циклу;
- поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці та зниження пожежонебезпечності процесу внаслідок застосування водорозбавлюваних лакофарбових матеріалів;
- висока продуктивність;
- економне використання лакофарбових матеріалів;
- автоматичне очищення стічних вод.

Забарвлення методом пневматичного повітряного розпилення – основний спосіб нанесення фарб, який знайшов широке поширення у промисловості. Сутність цього методу полягає в тому, що лакофарбовий матеріал стисненим повітрям за допомогою спеціальної апаратури інтенсивно розпорошується на дрібні частинки і наноситься рівномірним, тонким шаром на виріб, що фарбується.

Такий метод фарбування дає можливість отримання покриття високої якості та застосовується в будь-яких виробничих умовах за наявності мережі стисненого повітря та витяжної вентиляції. Фарбувальне обладнання при цьому методі – нескладне за конструкцією, просте та надійне при експлуатації.

Можливе застосування будь-яких лакофарбових матеріалів (повільно- і швидковисихаючих), а також одночасне багатобарвне забарвлення, тривалість забарвлення менша, ніж при інших методах, тому що в одиницю часу можна розпорошувати значно більшу кількість фарби.

До недоліків фарбування пневматичним розпиленням слід віднести:

- високу питому витрату лакофарбових матеріалів внаслідок втрат фарби на туманоутворення (що досягають 25-55 %);
- велика витрата розчинників для забезпечення правильного застосування вихідного лакофарбового матеріалу;
- необхідність спеціальних фарбувальних камер з припливно-витяжною вентиляцією для видалення та очищення повітря, що викидається в атмосферу, забрудненого туманом фарби;
- необхідність у висококваліфікованих робітників-пульверизаторниках, які досконало освоїли і метод, і обладнання, що застосовується.

У комплект апаратури для нанесення фарб методом пневматичного розпилення входять:

- фарборозпилювач для розпилення фарби та нанесення її на виріб;
- фарбонагнітальний бак, що є герметично закритою посудиною з кришкою, на якій встановлені мішалка для перемішування фарби в посудині і редуктор, що регулює тиск повітря в межах 80-100 кПа в системі подачі фарби і 300-600 кПа в фарборозпилювачі;
- масло-водо-відділювач, призначений для очищення повітря, що подається до фарбонагнітального бака і до фарборозпилювача, від води та масла.

Для фарборозпилювачів зазвичай використовують стиснене

повітря із загальнозаводської мережі, при поодиноких випадках фарбування – стиснене повітря з компресора.

Забарвлення методом безповітряного розпилення відрізняється від звичайного розпилення тим, що фарбування відбувається без участі стисненого повітря при високому гідравлічному тиску. Сутність цього методу полягає в тому, що фарба під тиском 2 100-4 200 кПа, створюваним насосом, через фільтр надходить до розпилювача і прямує на виріб.

Для такого фарбування застосовують спеціальну установку, що складається з фарборозпилювача та гідравлічного насоса, що забезпечує подачу фарби під високим тиском. Установка повинна створювати постійний тиск лакофарбового матеріалу та забезпечувати подачу фарби у потрібній кількості.

До переваг методу відносяться:

- зниження втрат лакофарбових матеріалів на туманоутворення;
- зменшення витрати розчинників у зв'язку з можливістю розпилення більш в'язких лакофарбових матеріалів;
- необхідність застосування менш потужної вентиляції;
- можливість нанесення товстіших шарів покриття;
- покращення санітарно-гігієнічних умов праці у фарбувальному цеху.

Недоліками можна вважати наступне:

- труднощі при фарбуванні виробів складної конфігурації;
- обмеженість застосування цього методу при фарбуванні з мінімальною продуктивністю, що знижує якість фарбування таких виробів, як автомобільний кузов або кабіна, де поряд з великим факелом матеріалу, що розпилюється, потрібний і невеликий факел при фарбуванні вузьких місць.

Цим методом неможливо отримати покриття високого класу (першого чи другого).

Забарвлення в електричному полі високої напруги застосовується для кузовів легкових автомобілів. Сутність методу полягає в тому, що електричне поле високої напруги створюється між виробом, що рухається заземленим конвеєром, і фарборозпилюючим пристроєм, що знаходиться під високою електричною напругою.

Частинки фарби, отримуючи негативний заряд, притягуються до позитивно зарядженої деталі, що рухається конвеєром. При фарбуванні деталей у полі високої напруги використовують спеціальне обладнання.

Електромеханічні розпилювачі, що обертаються, подають фарбу. До них підведений лакофарбовий матеріал, який постійно циркулює у системі резервуар з фарбою – насос – розпилювач – резервуар. Розпилювачі-електроди в залежності від умов фарбування можуть бути виконані у вигляді чаші чи грибка.

При фарбуванні з електромеханічним розпиленням фарби, втрати фарби значно менші, ніж при пневматичному розпиленні. Чашкові розпилювачі більш дрібно розпорошують фарбу, заряд її частинок збільшується і покращується якість покриття, чому сприяє і спрямованість смолоскипа розпиленої фарби.

Розпилювальні голівки у формі грибка прості у виготовленні, зручні для очищення та мають достатню продуктивність. Однак вони утворюють більш розсіяний факел фарби. Роботи зі змонтованими фарборозпилювачами можуть бути нерухомими, хитними або рухомими. Дозуючий пристрій подає певну кількість лакофарбового матеріалу.

Найкращі пристрої працюють за принципом об'ємного дозування матеріалу за допомогою шестерних насосів. Джерела високої напруги забезпечують стійкий процес розпилення, заряджання та перенесення частинок лакофарбового матеріалу.

На автомобільних заводах для остаточного фарбування кузовів широко застосовують метод електростатичного розпилення (замість пневморозпилення).

Він дає найкращі техніко-економічні показники в порівнянні з методом пневморозпилення, забезпечуючи при цьому повну автоматизацію технологічного процесу.

Забарвлення деталей у полі високої напруги має такі переваги перед пневматичним розпиленням:

- менше витрачається лакофарбових матеріалів, тому що вся фарба під дією електричного поля осаджується на деталях та втрати на туманоутворення незначні;
- спрощується вентиляція фарбувальних камер та знижується її вартість;
- процес фарбування повністю автоматизований та

- високопродуктивний;
- підвищується культура виробництва та покращуються санітарно-гігієнічні умови праці, тому що виключається необхідність перебування робітника в зоні розпилення фарби.

### **5.3.1 Герметизація, шумоізоляція, теплоізоляція**

**Заходи запобігання корозії.** На ділянці герметизації та шумоізоляції зазвичай після ґрунтовки та шліфування перед проходженням кузова через сушильну піч всі зварні шви герметизують нанесенням на них мастики «Пластизоль Д-4А» на основі полівінілхлориду методом видавлювання.

При просушуванні кузова в камері, де температура вище 140°C протягом 30 хв паста втрачає плинність, стає еластичним матеріалом і надійно герметизує щілини в зварних швах.

Герметизуючу мастику наносять також у місця з'єднань двох або трьох деталей з великим зазором у поєднанні. При експлуатації автомобіля в результаті вібрації відбувається деяке взаємне переміщення цих деталей, еластична мастика забезпечує надійну герметизацію складальної одиниці від попадання вологи та пилу.

Для захисту днища кузова від корозії та абразивної дії пилу та піску, а також для додаткової шумоізоляції нижню частину кузова та внутрішні частини крил покривають бітумною мастикою, яку наносять шаром 1-1,5 мм методом пневматичного напilenня у прохідній камері. Наприкінці камери розташований тамбур. Тут з лицьової поверхні кузова видаляють частинки мастики, що потрапили на неї під час розпилення під час покриття днища.

Після мокрого шліфування мастику підсушують при температурі 130°C протягом 6 хв, повна полімеризація закінчується в камері сушіння емалі при температурі 140°C. Після сушіння на вигляд мастика являє собою однорідний шар без здуття, тріщин і потік.

Салон кузова ізолюють від шуму спеціальними прокладками. На внутрішню поверхню даху, зовнішні панелі дверей і на кришку багажника встановлюють однотипні прокладки. Матеріал цих прокладок дещо відрізняється від матеріалу прокладок

підлоги, введення до складу якого наповнювача з магнітними властивостями полегшує встановлення прокладок на вертикальних та стельових поверхнях.

Матеріал прокладок є розчином бітуму в суміші з маслом і азбестом. Для виключення злипання прокладок під час транспортування та зберігання їх розділяють між собою поліетиленовою плівкою.

Після проходження сушильних камер прокладки міцно з'єднуються з панелями салону, створюючи хороший шумоізолюючий шар. Для захисту металу від корозії використовують інгібітори – речовини, при введенні яких у корозійне середовище корозійний процес повністю пригнічується.

У закриті порожнини кузова, найбільш схильні до корозії, останнім часом за допомогою установок безповітряного розпилення, обладнаних пістолетом з гнучкими наконечниками з розпилювальними головками, при робочому тиску 250 кПа вносяться захисні антикорозійні матеріали типу «Тектіл».

Установка забезпечує отримання суцільної плівки на внутрішній поверхні порожнин кузова. Обробка відбувається у спеціальній камері з припливно-витяжною вентиляцією прямо на конвеєрі. Принцип дії полягає в тому, що мастильний матеріал закупорює пори металевої поверхні, а інгібітор, що міститься в ньому, гальмує процес корозії.

Точне дотримання технології фарбування, промазування та наклейки прокладок, застосування високоякісних матеріалів та технології антикорозійного покриття дозволяють випускати автомобілі з високим рівнем герметизації, шумоізоляції та корозійної стійкості.

## **6 СУШКА ФАРБИ ТА СПЕЦПОКРИТТЯ**

### **6.1 Сушка пофарбованих кузовів і кабін**

Якість і довговічність лакофарбового шару багато в чому залежить від того, наскільки правильно підібрано і виконано режим сушіння лакофарбового матеріалу. За характером висихання та утворення плівки лакофарбові матеріали ділять на матеріали, що утворюють розчинну (оборотну) та нерозчинну (незворотню) плівки.

Оборотна плівка утворюється при випаровуванні (фізичний процес) летючих розчинників з рідкого шару фарби. Характерними матеріалами, що дають оборотну плівку, є нітроцелюлозні лаки та емалі, спиртові лаки та ін.

Вони утворюють тверду плівку на повітрі, оскільки розчинники, що входять до їх складу, випаровуються з плівки за нормальної температури. Висушену оборотну плівку можна легко привести в колишній рідкий стан, додавши розчинник, звідси і назва – оборотна плівка.

Деякі лакофарбові матеріали утворюють незворотню плівку з рідкого шару нанесеної фарби не тільки внаслідок випаровування розчинника, а й у результаті складних хімічних процесів окиснення, конденсації та полімеризації плівкоутворюючих речовин.

Процес плівкоутворення при сушінні матеріалів цієї групи поділяють на дві фази: фізичний процес видалення легких розчинників та хімічний процес утворення плівки. Прикладом необоротних лакофарбових матеріалів можуть бути масляні лаки та емалі, алкідні, меламіноалкідні та багато інших.

У звичайних умовах при нормальній температурі процеси утворення плівки, особливо в матеріалах з необоротною плівкою, протікають повільно і не доходять до кінця, в результаті плівка не має необхідної стійкості та міцності.

Для інтенсифікації процесів сушіння необхідне нагрівання пофарбованих деталей чи складальних одиниць, тобто штучне сушіння, яке в порівнянні з природною забезпечує закінчений процес плівкоутворення.

Кращу твердість, водо- та маслостійкість, паро- та



газонепроникність та інші показники міцності та надійності покриття. Застосування штучного сушіння у виробництві кузовів дозволяє виконувати фарбувальні роботи в безперервному потоці і значно скоротити час, що витрачається на весь процес.



Рисунок 6.1 – Кузов надходить у сушильну камеру, де під дією потрібної температури висушується

Крім того, ряд матеріалів, таких, як меламіноалкідні емалі, епоксидні шпаклівки, тверднуть і утворюють хороші покриття тільки при штучному сушінні.

Сушіння пофарбованого виробу відбувається тим швидше, чим вище температура навколишнього повітря, чим менше це повітря насичене парами розчинників і чим швидше воно рухається вздовж пофарбованої поверхні. Всі ці умови повинні забезпечуватися під час створення штучного сушіння. У спеціальних сушильних пристроях здійснюють нагрівання виробів, випаровування легких складових лакофарбового матеріалу та хімічні процеси плівкоутворення.

Існує кілька способів штучного сушіння лакофарбових

покриттів. Найбільш поширені з них сушіння циркулюючим гарячим повітрям (конвекційне) та інфрачервоними променями (терморадіаційне).

Конвекційні сушильні пристрої набули найбільшого поширення, хоча вони менш продуктивні. При цьому способі відбувається контактна передача теплоти від гарячого повітря, що циркулює, а процес висихання починається з поверхні покриття.

В результаті тонка плівка, що утворилася на поверхні, ускладнює подальше випаровування розчинників з нижніх шарів лакофарбового матеріалу. Для прискорення процесу конвекційного сушіння застосовують потужні вентиляційні пристрої для перемішування повітря усередині сушильної камери.

Час висихання шару синтетичної емалі в сушильній установці за температури повітря дозволяє 30-60 хв. Як теплоносії у сушильних установках використовують пару, гарячу воду, топкові гази або електроенергію.

У кузовобудуванні найчастіше застосовують конвекційні сушильні установки безперервної дії, які відрізняються температурним режимом, великий пропускну здатністю і забезпечують необхідну якість сушіння.

Кабіни або кузова просувають підвісним конвеєром по каналу сушильної камери. Канал має похилий підйом та спуск; його середня частина піднята над підлогою цеху, внаслідок чого камера добре зберігає тепло на всій довжині її робочої частини.

Терморадіаційні сушильні пристрої виникли порівняно недавно. Метод терморадіаційного сушіння заснований на принципі передачі та поглинання інфрачервоного випромінювання плівкою та забарвленим виробом.

Терморадіаційне нагрівання має ряд переваг у порівнянні з іншими видами сушіння, так як інфрачервоні теплові промені в початковій стадії сушіння, володіючи властивостями проникності, проходять через плівку фарби, поглинаються металевою поверхнею та швидко її нагрівають.

Процес висихання йде знизу металевої поверхні вгору. Нагріті пари розчинників безперешкодно проходять через верхні шари фарби, які ще не встигли затвердіти.

При цьому час сушіння, порівняно з конвекційним, скорочується в кілька разів. Джерелами інфрачервоного випромінювання, що використовуються для сушіння лакофарбових покриттів, є лампові та «темні» випромінювачі.

Ламповими випромінювачами (генераторами) є спеціальні дзеркальні лампи розжарювання (дзеркальні сушильні). Дзеркальні сушильні лампи мають потужність 250 та 500 Вт, вони випромінюють на 15-25 % більше теплової енергії, ніж звичайні електролампи. Спосіб сушіння за допомогою лампових випромінювачів не має широкого застосування через такі недоліки:

- малої інтенсивності сушіння та підвищеної витрати електроенергії;
- крихкості ламп та короткого терміну їхньої служби;
- нерівномірності нагріву виробу, що призводить до місцевих перегрівів плівки.

Основним елементом терморадіаційної сушильної установки з темними випромінювачами є джерело інфрачервоного випромінювання – термовипромінювач. У такому елементі ніхромовий дріт укладено в металеву трубку та ізольована від неї та від навколишнього повітря щільно спресованим шаром жаростійкого теплопровідного електроізоляційного матеріалу.

«Темні» випромінювачі у промисловості стали вельми поширеними, оскільки вони мають такі переваги:

- скорочується час сушіння (в 4-10 разів проти конвекційних й у 3-4 разу проти лампових сушильних установок);
- відсутня теплова інерція розігріву;
- скорочується питома витрата енергії;
- спрощуються конструкції сушильних камер та їх обслуговування;
- скорочуються виробничі площі, що зайняті під сушильні пристрої;
- збільшується термін служби спіралі в елементі внаслідок її ізоляції;
- безпечна експлуатація елемента, оскільки струмопровідні частини захищені;
- як джерело теплоти крім електроенергії можна

використовувати газ.

Однак дуже суттєві недоліки терморадіаційного способу сушіння обмежують сферу його застосування. До таких недоліків відносять наступні:

- при сушінні пофарбованих деталей складної конфігурації відстань окремих ділянок пофарбованої поверхні від тепловипромінювача по-різному, внаслідок чого ділянки, віддалені від нього, можуть не досихати, а близькі пересихати;
- світлі емалі сушити в такий спосіб неможливо – білі пігменти, що входять до складу цих емалей, схильні до пожовтіння.

Успішно застосовують комбіновані терморадіаційно-конвективні сушильні установки. Вони на початковій стадії терморадіаційного нагріву, використовуючи всі переваги способу, здійснюють попереднє підсушування та інтенсивне нагрівання кузова. Завершується процес сушіння конвекційним нагріванням, що дозволяє швидко закінчити процес.

## 7 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ФАРБУВАННЯ

Типова технологічна схема фарбування кузова легкового автомобіля має таку послідовність операцій:

- 1) знежирення (дві стадії – занурення та струменеве обливання);
- 2) промивання;
- 3) фосфатування (занурення, струменеве обливання);
- 4) промивання струменевим методом;
- 5) пасивування;
- 6) промивання демінералізованою водою;
- 7) сушіння;
- 8) ґрунтування електроосадженням (катафорезом);
- 9) сушіння;
- 10) легке шліфування вручну;
- 11) видалення шліфувального пилу, протирання, продування;
- 12) нанесення ущільнювальних мастик на зовнішні зварювальні шви;
- 13) нанесення бітумних шумоізоляційних килимків у салоні кузова;
- 14) нанесення протишумної антикорозійної мастики на днище;
- 15) нанесення ґрунтовки методом електростатичного розпилення;
- 16) сушіння;
- 17) шліфування поверхні кузова механізоване;
- 18) промивання демінералізованою водою;
- 19) сушіння;
- 20) продування та остаточне протирання;
- 21) підґрунтування відшліфованих до металу місць;
- 22) фарбування зовнішньої лицьової поверхні кузова синтетичною емаллю в три шари;
- 23) сушіння;
- 24) фарбування декоративною захисною чорною фарбою порогів та інших зовнішніх нелицевих місць;
- 25) фарбування металізованою емаллю у два шари (сирий по сирому);

- 26) сушіння;
- 27) фарбування безбарвним лаком у два шари (сирій по сирому);
- 28) сушіння;
- 29) нанесення захисного антикорозійного складу у приховані порожнини кузова.

## **8 ГАЛЬВАНІЧНІ ПОКРИТТЯ**

### **8.1 Загальні відомості**

Застосування металевих (гальванічних) покриттів є одним з найпоширеніших методів захисту виробів від корозії в машинобудуванні. Якість металевих покриттів багато в чому визначає якість виробів, їх довговічність, працездатність та надійність в експлуатації.

Гальванічні процеси здійснюються у цехах захисних покриттів. Підвищення технічного рівня цехів захисних покриттів, впровадження сучасних технологічних процесів та засобів автоматизації сприятимуть підвищенню ефективності праці гальванотехніків та значному збільшенню продуктивності праці.

### **8.2 Види гальванічних покриттів**

Покриття можуть бути металеві та неметалічні неорганічні.

Металеві покриття класифікують за характером захисту, способом отримання та призначення.

Неметалічні неорганічні покриття класифікують за призначенням та способом отримання.

Сутність гальванічного покриття полягає у нанесенні на металеву поверхню щодо тонких шарів іншого металу з розчину його солі при дії постійного електричного струму.

За призначенням гальванічні покриття ділять на захисні, коли їх наносять з метою захисту від корозії, захисно-декоративні (декоративні) та спеціальні. До захисних покриттів відносять цинкове, кадмієве, оксидне, фосфатне, олов'яне. До захисно-декоративних – тришарове покриття міддю, нікелем та хромом. До спеціальних – кадмієве, олов'яне, мідне, свинцеве, сплавами та хромове.

За родом захисної дії металеві покриття поділяють на анодні та катодні. Анодні покриття захищають металеві вироби електрохімічно. За наявності пір або оголених ділянок у присутності електроліту (вологого середовища) покриття (анод) та основний метал (катод) утворюють гальванічну пару: метал покриття розчиняється, захищаючи тим самим основний метал

від корозії. До анодних покриттів сталі відносяться цинк (в атмосферних умовах) і кадмій (у слабкій соляній кислоті і морській воді). Пористість анодних покриттів прискорює їх розчинення, скорочує термін їхньої служби, але не знижує захисну здатність.



Рисунок 8.1 – Гальванічна оцинковка кузова автомобіля

Захисна дія катодних покриттів може бути тільки механічною і полягає в ізоляції поверхні виробів від дії корозійного середовища. За наявності великої кількості пір, пошкоджених або оголених ділянок катодне покриття захисною властивістю не має. Це пояснюється тим, що при виникненні гальванічної пари основний метал стає анодом і при експлуатації інтенсивно розчинятиметься. До катодних покриттів відносять нікелеве, хромове та мідне.

Вид та товщину покриття вибирають залежно від призначення деталей, умов експлуатації, розміщення деталей. При виборі виду та товщини покриттів слід враховувати термін служби та матеріал деталі, допустимість контактів матеріалів, що сполучаються, та економічну доцільність.



У всіх випадках вид і товщина покриття визначаються заводськими технічними умовами, які, як і позначення видів, складені відповідно до ГОСТів. Види та товщина покриттів, відмінні від рекомендованих ГОСТом, мають бути технічно обґрунтовані.

Технологічний процес покриттів складається з наступних комплексних операцій:

- 1) підготовка (очищення) поверхні металу перед покриттям;
  - механічна обробка (шліфування та полірування, галтування, дробоструминна);
  - хімічна обробка (хімічне або електрохімічне знежирення в органічних розчинниках, розчинах лугів, а також видалення оксидів у розчинах кислот – травлення);
- 2) покриття поверхні у гальванічній ванні;
- 3) подальша обробка поверхні деталей після покриття (відмивання поверхні від слідів електроліту, сушіння деталей та подальше полірування декоративної – лицьової частини поверхні при декоративному покритті);
- 4) контроль товщини шару, пористості покриття та корозійної стійкості.

Витрата матеріалів для ванн підготовки та покриттів складається в основному з кількості розчину, нанесеного на поверхню деталі, понесеного у вентиляційні канали та трубопроводи, втрат при складанні та коригуванні розчинів, заміні розчинів новими та фільтрації.

У ціаністих електролітах, крім того, відбуваються втрати ціанідів при розкладанні їх вуглекислою повітря внаслідок анодного окиснення та ін.

Для ванн хромування, що працюють з нерозчинними анодами, слід враховувати також витрату хромового ангідриду виділення металевого хрому на катоді. Норми витрати матеріалів при хімічній, електричній та механічній підготовці та обробці поверхні наведені у довідниках з гальванотехніки.

### **8.3 Призначення підготовки поверхні**

Найважливішою умовою отримання на металевих виробках хороших хімічних та електрохімічних покриттів є ретельне проведення відповідних підготовчих операцій. Покриття, що

мають хороше зчеплення з поверхнею, можна отримати тільки після повного очищення виробу від різних забруднень, які можна розділити на три види:

- жирові та масляні забруднення органічного та неорганічного походження;
- різні оксиди;
- забруднення технологічного та випадкового походження (пісок, графіт та ін.).

У процесі підготовки поверхні слід звертати увагу на повне видалення з неї різних розчинів і речовин, що вживаються при очищенні, оскільки наявність їх нікчемних слідів може призвести до отримання неякісних покриттів.

Після проведення підготовчих операцій необхідно кілька разів промити виріб чистою проточною водою, а після знежирення гарячою.

Особливо шкідливими є різні органічні забруднення, які погано видаляються з поверхні при промиванні, викликаючи відшаровування покриттів, що наносяться.

Поганої якості покриття виходять також на поверхнях з раковинами, порами, тріщинами, великою шорсткістю, нерівностями тощо. У багатьох випадках ці дефекти можна усунути механічною обробкою. Чим вище клас обробки поверхні, тим якісніше виходить покриття і краще його захисні властивості.

Розрізняють два види підготовки поверхні, що передують нанесенню покриттів на вироби: механічну та хімічну (електрохімічну).

Механічна підготовка дозволяє покращити поверхню виробу шляхом видалення нерівностей, вибоїн, подряпин, продуктів корозії та надання блиску металу. Існує кілька способів механічної підготовки деталей перед нанесенням покриттів. Вибір способу залежить від стану поверхні, від вимог, що висуваються до зовнішнього вигляду деталей, і навіть їх розмірів.

Методами механічної підготовки є шліфування, полірування, крацювання, галтування, віброабразивна, піскоструминна, дробоструминна та гідроабразивна обробки.

Шліфування та полірування – найбільш дорогі операції процесу нанесення покриттів, тому застосовувати їх доцільно за високих вимог до класу шорсткості поверхні або неможливості

використання іншого способу.

Грубе шліфування (обдирка) – операція з видалення грубих нерівностей з поверхні металу, а також зачищення зварних швів і задирок. Використовують шліфувальні круги з абразивних матеріалів, зціментованих будь-якою зв'язкою. Іноді застосовують також кола з еластичних матеріалів, у яких закріплені грубі сорти абразиву.

Тонке (декоративне) шліфування – процес видалення з поверхні деталі таких дефектів, як ризики, раковини, подряпини та інші невеликі нерівності. Для цієї операції є еластичні кола або безперервна стрічка, на яку нанесений шар абразиву.

Полірування – процес отримання блискучої дзеркальної поверхні згладжуванням дрібних нерівностей попередньо шліфованої поверхні деталей або покриття за допомогою спеціальних полірованих кіл.

Абразивні матеріали, що застосовуються для операцій шліфування та полірування, мають високу твердість і ріжучу здатність. Для шліфування потрібні більш жорсткі абразивні матеріали, ніж для полірування. Абразивні матеріали для шліфування та полірування ділять на дві групи: природні та штучні. До природних шліфувальних матеріалів відносяться алмаз, корунд та наждак; до штучних – електрокорунд, карбід кремнію та ін. До природних полірувальних матеріалів відносяться віденське вапно, крейда; до штучних – оксиди заліза, хрому, алюмінію.

Залежно від розміру зерен абразивні матеріали поділяють на фракції:

- шліфувальне зерно 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16;
- шліфувальні порошки 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3;
- мікропорошки M40, M28, M20, M14, M10, M7, M5.

Розміри зерен мікропорошків визначають мікроскопічним методом на основі лінійного їх вимірювання. Розмір кожної фракції знаходять за розмірами (6 мкм) сторін отворів контрольних сит, що застосовуються для аналізу.

Полірувальні пасти, що застосовуються для операцій полірування, дуже різноманітні за складом. В якості сполучних речовин для їх приготування використовують стеарин, парафін,

олеїнову кислоту, технічне сало та ін. Абразивними наповнювачами полірувальних паст найчастіше є віденське вапно, оксиди хрому, алюмінію та заліза.

Робочу поверхню бязевих еластичних кіл покривають абразивними порошками необхідної для цього переходу зернистості. Як сполучна речовина застосовують столярний, казеїновий або силікатний клей. Найбільш поширений столярний плитковий клей.

Поверхні таких деталей, як буфер, облицювання радіатора, до та після нанесення покриття полірують еластичними колами, виготовленими з бязі, полотна, повсті та інших матеріалів, у вигляді окремих дисків (до 20-25 шт. на коло) та прошитих спеціальним швом.

Діаметр кола зазвичай дорівнює 300-400 мм. На робочу поверхню кола періодично наносять тонкий шар полірувальної паст.

Крацюванням називається обробка поверхні круглими щітками із сталевого або латунного дроту. Щітки змочують водою видалення травильного шламу. Сухі щітки застосовують для видалення дефектів покриттів, а також для надання блиску кадмієвим, цинковим, мідним та іншим покриттям.

Галтування є процесом підготовки поверхні дрібних деталей для покриття. Для цього використовують дзвони або барабани, що обертаються. При обертанні барабана або дзвона, вміщені в них деталі або складальні одиниці труться між собою, внаслідок чого з них стираються задирки та іржа, і поверхня згладжується.

Для прискорення процесу барабан (або дзвін) додають абразивний матеріал (пісок, наждак, корунд або уламки граніту). При більш тонкій обробці поверхонь дрібних деталей замість грубих абразивів застосовують сталеві кульки, обрізки шкіри або тирсу. Для пом'якшення тертя та отримання більш гладкої блискучої поверхні часто здійснюють мокру галтування.

При цьому в барабан (або дзвін) додають 3...5 % розчин кальцинованої соди або мильної води. Розчин для галтування вибирають залежно від характеру забруднення поверхні.

Обробка різних деталей в галтувальні барабани досить тривала (24 год і більше). Частота обертання барабана або дзвона залежить від розмірів оброблюваних деталей і становить 10-

60 об/хв. Дзвон або барабан завантажують деталями на 1/3 їхнього обсягу.

Знежирення – процес видалення жирів та масел із поверхні виробу. За своєю природою жири та масляні забруднення ділять на дві групи: омилювані та неомилювані.

До омилюваних відносять забруднення рослинними та тваринними жирами (складні жири гліцерину та високомолекулярних органічних кислот, таких, як стеаринова, олеїнова тощо). Ці жири під дією лугу розкладаються, утворюючи мила (розчинні у воді солі жирних кислот) та гліцерин.

До групи неомилюваних жирових забруднень відносяться мінеральні масла, що складаються із суміші вуглеводнів різних складу та консистенції (вазелін, парафін, різні мастильні масла тощо). Під впливом лугу речовини цієї групи хімічно не розкладаються.

Всі зазначені речовини у воді практично не розчиняються, і видалити їх з поверхні металів можна обробкою в розчинах певного складу. Для цього зазвичай використовують різноманітні органічні розчинники.

Операцію проводять з метою попереднього очищення поверхні перед хімічним та електрохімічним знежиренням. Як розчинники застосовують бензин, гас, бензол, чотирихлористий вуглець та ін. Для розчинення та змивання жирів і масел з поверхні органічними розчинниками деталі промивають у спеціальних ваннах або установках.

Великими недоліками всіх органічних розчинників є їхня токсичність (отруйність) і легка займистість. Тому ванни та установки обладнують місцевою витяжною вентиляцією, ділянка знежирення відокремлена від загального приміщення цеху вогнетривкими перегородками.

Знежирення зазначеними розчинниками можна розглядати тільки як попереднє, тому що після нього на поверхні залишається деяка частина не видимих при звичайному огляді забруднень, що видаляють хімічним або електрохімічним знежиренням у лужних розчинах. Під дією лугів жири, що омиляються, переходять в розчинні у воді речовини.

Високу якість очищення поверхні від жирових забруднень

можна досягти при електрохімічному знежиренні. Для цього процесу використовують ті ж лужні розчини, що і для хімічного знежирення, але за меншої концентрації компонентів.

Швидкість руйнування і видалення жирової плівки з поверхні при електрохімічному знежиренні може бути підвищена в результаті омилення жирів гідроксильними іонами і механічного відриву крапель жирів і масел пухирцями водню (на катоді) і кисню (на аноді).

Проте вплив водню має і шкідливий вплив. Проникаючи навіть у незначній кількості всередину поверхневого шару металу, він викликає водневу крихкість. Щоб уникнути цього, знежирення проводять спочатку на катоді, потім аноді. Для особливо відповідальних, тонкостінних та загартованих деталей застосовують лише анодне знежирення.

Травлення може бути хімічним та електрохімічним. Хімічне травлення застосовують видалення оксидів і продуктів корозії з поверхні деталей. Травлення проводять після знежирення, тому що якість травлення може бути високою лише в тому випадку, якщо поверхня виробу очищена від жирових забруднень. Для травлення чорних металів використовують головним чином соляну та сірчану кислоту, а для видалення окалини – суміш сірчаної та соляної кислот (5...10 % сірчаної та 15...10 % соляної). Швидкість травлення як у сірчаній, так і в соляній кислоті значно зростає з підвищенням температури.

При травленні чорних металів у сірчаній та соляній кислотах з метою збереження металу виробу та зменшення включень до нього водню у травильний розчин додають різні присадки – інгібітори, які уповільнюють процес розчинення металу у кислотах. Інгібітори являють собою різні білкові та інші речовини тваринного та рослинного походження, піддані спеціальній обробці.

Дія їх зводиться до наступного. Перебуваючи в розчині, вони обволікають очищену від оксидів поверхню металу і тим самим оберігають її від перетравлення. Кількість інгібітору, що додається в розчин, невелика і зазвичай становить 0,1...2 % маси розчину.

Електрохімічне травлення застосовується з метою значного збільшення швидкості зняття окалини та іржі, воно відбувається в

кислоті, через яку протікає струм певної густини. Найчастіше застосовують анодне травлення, при якому виключається проникнення водню в метал і виходить чиста поверхня.

Декапування є завершальним процесом підготовки деталей перед завантаженням їх у ванну для покриття. декапірування, тобто слабким травленням, видаляють найтонші плівки оксидів, що утворюються на поверхні металу під час знежирення, промивок та транспортування деталей з однієї ванни до іншої.

При декапуванні відбувається легке травлення верхнього шару металу з виявленням його кристалічної структури, що сприяє міцнішому зчепленню покриття з основою. Для декапування використовують 5...7 % розчин соляної або сірчаної кислоти, в який деталі занурюють на 10...60 с. Потім їх промивають проточною холодною водою і відразу ж завантажують у ванну гальванічного покриття.

#### **8.4 Види гальванічних покриттів**

**Фосфатування.** Фосфатні плівки надійно захищають поверхню від корозії за умови їх промаслювання. Фосфатна плівка має яскраво виражену кристалічну структуру. Товщина її багато в чому залежить від способу підготовки поверхні та коливається в межах 7...45 мкм.

Фосфатування можна проводити хімічним та електрохімічним способами. Нині поширений хімічний спосіб фосфатування. Це пояснюється низькою здатністю електроліту, що розсіює, і необхідністю використання джерел постійного струму і спеціальних підвісок для завантаження деталей у ванну при електрохімічному фосфатуванні.

Великі деталі занурюють у ванну фосфатування за допомогою спеціальних сталевих підвісок або гаків, а дрібні – у перфорованих залізних кошиках чи сітках. Вивантажені з ванни фосфатування деталі ретельно промивають гарячою водою та сушать. Промашують деталі зануренням їх у ванну з розігрітим маслом (веретене, машинне, авіаційне). У нагрітому до температури 105...115°C масла деталі витримують до моменту зникнення піни з його поверхні. Після вивантаження з ванни деталі витримують для стікання масла.

**Цинкування.** Гальванічне цинкування застосовують для

захисту сталевих деталей, наприклад стійки опускного скла, санок сидіння водія, жалюзі радіатора від корозії у звичайних атмосферних умовах та в умовах підвищеної вологості.

У гальванічній парі цинк – залізо шар цинку є анодом, у разі основний метал захищений як механічно, а й електрохімічно. У сухому повітрі цинкове покриття майже не змінюється, у вологому, забрудненому різними газами, шар цинку (анод) поступово розчиняється, захищаючи основний метал від корозії доти, доки не оголиться значна частина поверхні.

Термін служби цинкового покриття залежить від його товщини та умов експлуатації виробу. Для посилення захисних властивостей цинкового покриття застосовується операція пасерування шляхом обробки цинкових деталей у розчинах хромової кислоти або її солей.

При цій обробці відбувається часткове розчинення цинку з утворенням плівки хроматів цинку та з'єднань тривалентного хрому, що надають плівці характерні кольори втеченості райдужних відтінків. Температура розчину кімнатна, час витримки 5...15 с.

У гальванічному виробництві застосовують електроліти цинкування трьох типів: кислі, ціаністі та цинкатні. Кислі електроліти використовують при великій густині струму, в результаті виходять хороші рівномірні покриття на деталях порівняно простої форми. Осадження цинку в кислих ваннах проходить з великою швидкістю (вихід струмом 100 %), покриття добре освітлюється і хроматується. До недоліків кислого електроліту відноситься його порівняно низька здатність, що розсіює.

**Мідніння.** Гальванічне повільність як самостійну міру захисту сталевих виробів від корозії не застосовують тому, що в атмосферних умовах мідь швидко окислюється і покривається зеленим напоем вуглекислих солей.

Мідні покриття використовують в основному як підшар при декоративному нікелюванні та хромуванні, так як при цьому знижується витрата нікелю та хрому та зменшується загальна пористість багатшарового покриття.

При мідненні таких сталевих деталей, як облицювання радіатора, буфера нанесення багатшарового захисно-



декоративного покриття використовують дві схеми: мідь – мідь – нікель – хром; нікель – мідь – нікель – хром. При цьому використовують кислотні та лужні електроліти. Як кислотні застосовують сірчаноокислі, борфтористоводневі та щавлевокислі; лужних – ціаністі та пірофосфатні. Найбільшого поширення набули сірчаноокислий та ціаністий електроліти.

**Нікелювання.** Для захисту деталей від корозії в атмосферних умовах і лужних середовищах застосовують нікелювання. У гальванічній парі нікель – залізо нікель є катодом і тому захищає основний метал (різні вуглецеві сплави) лише за відсутності пір на покритті. Так як гальванічно обложений нікель навіть у шарі товщиною 25-30 мкм має пористість, то для більш надійного захисту сталі від корозії його застосовують зазвичай з підшаром міді.

**Хромування.** Цінні властивості гальванічно обложеного хрому широко використовують. Хромові покриття відрізняються гарною хімічною та термічною стійкістю. Хром належить до електронегативних металів і в контакті з залізовуглецевими сплавами повинен бути анодом, проте внаслідок схильності до пасивування хром в атмосферних умовах набуває властивостей благородних металів і в парі залізо – хром стає катодом.

Тому хромове покриття захищає сталеві вироби від корозії лише механічно, за умови повної безпористості осаду. Товщина шару хрому при декоративному хромуванні не перевищує, як правило, 1...2 мкм, що достатньо для тривалого збереження зовнішнього вигляду поверхні деталей.

Процес електролітичного хромування має низку характерних рис. Як головний компонент хромуючий розчин містить не сіль металу, що наноситься, як у більшості застосовуваних електролітів, а хромову кислоту, що утворюється при розчиненні хромового ангідриду у воді.

**Анодне оксидування (анодування) алюмінію та його сплавів.** Створення на поверхні алюмінію штучних оксидних плівок значної товщини, головним чином електрохімічною обробкою, є одним з найкращих і найпоширеніших способів захисту від корозії. Властивості анодних плівок суттєво залежать від складу електроліту та режиму процесу. Плівки, отримані хімічним оксидуванням, мають незначну товщину (2...3 мкм) та

хороші захисні властивості. Тому застосування хімічного оксидування алюмінію та його сплавів обмежене.

**Металізація пластмас гальванічним способом.** Цей спосіб має ряд переваг:

- простота обладнання та доступність матеріалів;
- можливість отримання покриття будь-якої товщини в інтервалі від часток до десятка мікрметра;
- простота виготовлення декоративних деталей складної конфігурації;
- гарне зчеплення металевого покриття із пластмасою;
- автоматизація та безперервність проведення процесу.

Захисно-декоративне багат шарове покриття призначене для надання пластмасовим деталям (наприклад, заводський знак, відбивач фари) декоративного вигляду та захисту їх від впливу навколишнього середовища та механічного пошкодження.

Якість металізації пластмас залежить від підготовки їхньої поверхні. У цикл підготовчих операцій для нанесення струмопровідного шару як основні входять травлення, сенсibilізація та активування.

Сутність травлення полягає у створенні мікрошорсткості при витравленні з поверхні пластику типу АБС полібутадієнового каучуку в розчинах, що містять хромову та сірчану кислоти. При сенсibilізації поверхню пластику обробляють розчином двовалентного олова. В результаті на поверхні осідає сенсibilізатор – сильний відновник, здатний зв'язати або відновити іони металу (активатора) при подальшому активуванні.

**Активування** – обробка сенсibilізованої поверхні розчинами сполук каталітично активних металів, таких як паладій або срібло. Внаслідок реакції на поверхні осідає каталітично активний метал у вигляді колоїдних частинок або малорозчинних сполук. При зануренні такої поверхні розчин, в якому здійснюється хімічна металізація, ці частинки стають каталітичними центрами, в яких починається відновлення хімічно осаджених металів міді або нікелю.

Основні завдання, які вирішуються під час створення безвідходної технології гальванічного виробництва. Актуальні проблеми екології, охорони навколишнього середовища, економії матеріальних ресурсів визначають вимоги створення та

впровадження маловідходних та безвідходних технологій нанесення покриттів.

В основі безвідходної технології лежать методи очищення стічних вод для їх знешкодження та уловлювання солей цінних металів, регенерації та утилізації використовуваних електролітів та розчинів для повторного їх використання при нанесенні покриттів та створення замкнутого циклу водопостачання.

У нашій країні та за кордоном накопичено досвід створення та впровадження методів очищення стічних вод з регенерацією цінних речовин. Ці методи, в першу чергу, передбачають поділ стоків (кислотолужні, хромовмісні, ціановмісні, з солями важких металів) та використання локальних очисних установок.

Перспективним з точки зору повторного використання води, а також можливості регенерації цінних компонентів є метод іонного обміну, що дозволяє повертати більше 90 % промивної води, що використовується.

## 9 ДЕТАЛІ ВНУТРІШНЬОГО ОБРОБЛЕННЯ КУЗОВІВ

### 9.1 Матеріали та основні технологічні процеси

**Матеріали для обробки кузовів.** В даний час основними матеріалами для обробки салону, виготовлення складальних одиниць та окремих деталей інтер'єру автомобілів є нові синтетичні матеріали.

Застосування нових матеріалів дозволяє покращити естетичне оформлення інтер'єру, підвищити комфортабельність, позитивно вирішувати питання пасивної безпеки, значно знизити трудомісткість та підвищити продуктивність робіт внутрішньої обробки кузовів.

Для обробки салону автомобіля застосовують штучну шкіру різних кольорів та тиснення на тканинній основі з полівінілхлоридним покриттям. Шкірою покривають подушки та спинки сидінь, бічні подушки та арки коліс, внутрішні панелі дверей. Перфоровану штучну шкіру використовують для обробки протисонячних козирків.

В інтер'єрі автобусів для облицювання стін та стелі може бути використаний декоративний паперово-шаруватий пластик. Пластик АБС (акрилонітрилбутадієнстирольний) широко застосовується для виготовлення різних облицювань декоративних накладок.

Цей матеріал піддається декоративному фарбуванню та гальванічній металізації. Він тепло- і вологостійкий, ударостійкий. Для виготовлення кожуха вентилятора обігрівача, корпусу дефлектора та інших деталей застосовують поліпропілен, що має високу теплостійкість та еластичність.

Велике поширення у виготовленні деталей інтер'єру кузова набули в даний час різні нові **види пластмаси**:

- еластичний пінополіуретан – деталі сидінь та спинок (литі блоки) та ін;
- напівжорсткий пінополіуретан – для виготовлення панелі приладів, різних облицювання (накладок);
- напівжорсткий інтегральний пінополіуретан – для виготовлення підлокітників, підголовників та інших

подібних деталей;

- наповнений поліпропілен (Вуд-Сток), у якого абсолютне значення допустимої напруги на вигин при підвищеній температурі високе, що дозволяє виготовляти з нього полиці багажника, арки колес та ін;
- поліфеніленоксид Норил, що має високу міцність, легкість, термостійкість і пластичність, що дозволяє широко застосовувати його для виготовлення кузовних великогабаритних деталей без металевих каркасів (панелі приладів, задніх полиць, облицювання радіатора, облицювання стійок та ін.);
- реактопласти, поліпозиційні матеріали – деталі коробчатого типу.

Для виготовлення стель застосовуються різні матеріали, але в більшості випадків – повінол світлих тонів з перфорацією.

Останнім часом стелі кузова виконують цільноформовані з різних полімерів. З кожним роком розширюються асортименти та області застосування клеїв та герметизуючих складів при виготовленні автомобільних кузовів.

## **10 ОСТАТОЧНЕ ЗБИРАННЯ**

### **10.1 Загальні відомості про остаточне складання кузовів**

Сучасний несучий кузов є практично готовим виріб, обладнаним всім необхідним (за конструкцією) як всередині, так і зовні. Від готового автомобіля несучий кузов відрізняється відсутністю двигуна, трансмісії та ходової частини.

Складанням забезпечується необхідний взаємозв'язок окремих деталей та складальних одиниць. Розрізняють вузлове та остаточне загальне складання. Процес попереднього складання складових частин кузова називають вузловим складанням, або підскладанням, а процес складання безпосередньо кузова – остаточним (загальним) складанням.

У складанні кузовів застосовують наступні організаційні форми складання: стаціонарну, що здійснюється без поопераційного розчленування складального процесу і при нерухомому об'єкті, що збирається, і потокову, що характеризується розчленуванням технологічного процесу на операції і здійснювану як при нерухомому збіраному об'єкті, так і при його переміщенні. Вибір організаційної форми складання обумовлений головним чином кількістю кузовів, що збираються, в зміну.

Розглянемо остаточне складання кузова легкового автомобіля як найбільш насичений усіма видами складальних та оздоблювальних робіт процес. Процес остаточного складання автобуса або кабіни вантажного автомобіля є більш простим. Великий вплив на організацію складання кузова має ступінь технологічного відпрацювання конструкції кузова.

Повинні бути враховані загальні принципи конструювання складальних одиниць та кузова загалом. До них відносяться максимальне зниження кількості з'єднань і приєднань, зручність розміщення монтажних позицій, їх доступність для збирача, застосування спрощених способів приєднань, що полегшують складання.

Одним з ефективних напрямків зниження трудомісткості загального складання є перенесення найбільш трудомістких

операцій на технологічні процеси попереднього складання (підскладання), що передують установці складальної одиниці на кузов. Прикладами вдалого рішення можна вважати установку панелі приладів, що збираються заздалегідь і закріплюються на кузові кількома гвинтами. Доцільно створення суцільноформованої стелі, використання якого значно знижує трудомісткість як його виготовлення, так і загального складання кузова.

Повинне бути відпрацьоване питання методу фіксації деталей під час встановлення їх на кузов. У деяких випадках необхідно передбачати можливість регулювання положення деталі чи складальної одиниці на кузові.

При мінімальному випуску кузовів (один – два кузови за зміну) необхідна організація кількох робочих місць, кількість яких визначається розрахунком та розстановкою робітників та обладнання.

Транспортування кузовів з одного робочого місця на інше може здійснюватися по-різному, наприклад, на візках, які одночасно є підставкою для кузова на робочих місцях. Цей спосіб збирання кузовів відноситься до стаціонарних.

Поряд з остаточним складанням кузова на мінімально обладнаних робочих місцях виробляють необхідне попереднє вузлове складання складальних одиниць (панель приладів, переднє та заднє сидіння та спинки, вітрове та заднє скло з ущільнювачами та ін.).

Зі збільшенням обсягу випуску (навіть під час випуску малими серіями) настає момент, коли доцільно виконувати роботи з конвеєрі з періодичним короткочасним рухом стрічки конвеєра для переміщення кузовів однією крок.

При використанні конвеєра з періодичним переміщенням складальної одиниці або виробу складання проводиться в періоди зупинки конвеєра. Застосовуються пластинчасті та візкові конвеєри. При кожному переміщенні об'єкта, що збирається, на складальне місце з останнього місця конвеєра сходить збірна одиниця – кузов.

При складанні на безперервно рухається конвеєрі кузов, що збирається, переміщається з одного складального місця на інше з заданою швидкістю, яка дозволяє виконувати складальні операції

на кожному складальному місці.

В автомобільній промисловості остаточне (загальне) складання здійснюється потоковим методом з переміщенням кузова, що збирається. Кузов що збирається, при поточковому складанні передається від одного складального місця до іншого за допомогою транспортуючих пристроїв, призначених тільки для міжопераційного переміщення кузова.

У деяких випадках при вузловому складання передача складальної одиниці від одного складального місця до іншого здійснюється роликковим конвеєром або іншими аналогічними засобами. Поточне складання характеризує дійсний темп складання, який визначає період рівномірного випуску зібраних виробів.

Принципи організації масового виробництва, засновані на розподілі та спеціалізації праці, призвели до організації складальних конвеєрів з максимальним розчленуванням операцій із можливо більш коротким циклом роботи. При конвеєрній збірці з жорстким ритмом, робітники об'єднані в бригади з чітким поділом операцій, які ретельно пронормовані.

На конвеєрі процес складання кузова безперервний, усунення дефектів здійснюється слюсарями у процесі складання. Для цих цілей виділяються спеціальні ділянки конвеєра завдовжки кілька кузовів, вільні від монтажних операцій.

Такі контрольні пости розташовують після кожної великої ділянки збирання. Інформація про виявлені дефекти негайно повідомляється у бригаду-винувальницю для вжиття заходів. Таке складання призводить до значного підвищення продуктивності праці.

Для кожного технологічно неподільного елемента, виявленого при розчленуванні процесу складання об'єкта (виробу або складальної одиниці), визначають оперативний час, необхідний для складання такого елемента. Сума оперативного часу складання елементів, з'єднаних у послідовному порядку в операції, повинна дорівнювати дійсному темпу складання.

Для нормальної роботи потокової лінії потрібна повна синхронізація операцій збирання, тобто час виконання операцій має відповідати такту збирання. Якщо оперативний час виявиться більшим за такт, то його прагнуть зробити кратним такту.



Синхронізації досягають наступними організаційними та технологічними заходами:

- збільшенням числа робітників на робочому місці;
- зменшенням часу виконання операції за рахунок удосконалення складальних пристроїв або заміни складального інструменту;
- винятком деяких елементів операцій із потокової лінії, передавши їх на лінії попереднього складання;
- перерозподілом елементів операцій (доповненням недовантаженої операції та розвантаженням перевантаженої);
- організацією паралельних робочих місць у разі, якщо час, що витрачається на виконання операції, значно більше такту потокової лінії.

## **10.2 Конвеєрне складання кузовів**

### **10.2.1 Організація конвеєрного складання**

Для остаточного складання кузовів використовують пластинчастий конвеєр (ГАЗ) або підвісний конвеєр (ВАЗ, ЗАЗ). На ВАЗі ці конвеєри є єдиними для остаточного складання кузовів та складання автомобілів.

Залежно від характеру виконуваних на ділянці конвеєра робіт для створення максимальних зручностей робітникам-складальникам підвіску з кузовом (рис. 10.1) розташовують на різній висоті від підлоги.

На початку конвеєра на ділянці, де виконують прокладання електропроводки та інших деталей, кузов розташований на висоті 0,25 м від підлоги; при установці обмежувачів і замків дверей, склопідіймників, стекол висота кузова від підлоги 0,5 м.

На остаточному складанні та обробці кузова застосовують ручний електро- та пневмоінструмент (шуруповерти, дрилі, гайковерти). Для їх підключення до електро- та пневмосистем передбачені різні пристрої.

Уздовж конвеєра встановлені так звані бліндотроллі – токонесячі рейки, якими перемішуються роздавальні коробки, обладнані струмознімачами і штепсельними роз'ємами для підключення електроінструменту.



Рисунок 10.1 – Конвеєр Запорізького автозаводу

Складальник, виконуючи операції на кузові, що рухається по конвеєру, йде поруч з ним, захоплюючи за собою роздавальну коробку. Таким чином, дроти для приєднання електроінструменту до мережі мають мінімальну довжину.

Живлення пневмоінструменту здійснюється від колектора зі стисненим повітрям, відводи для підключення інструменту виконані швидкознімними. Для пневмоінструменту застосовують кручені пластмасові шланги, які не провисають і забезпечують найкоротшу відстань між точкою підключення інструменту та виконавцем.

Для безперебійної роботи складального конвеєра організовано систему подачі готових, укомплектованих деталей та складальних одиниць до місць їх встановлення. Створюється заділ деталей і складальних одиниць, який має бути тим більшим, чим далі від складального конвеєра розташоване місце виготовлення деталей.

Для деталей і складальних одиниць, що виготовляються в цеху остаточного складання кузовів, найменший заділ для непереналаджуваних ліній і забезпечує 1,5-2,0 год роботи конвеєра.

Частина краю може бути розташована в кінці лінії виготовлення деталей, а частина – на місці установки цих деталей або складальних одиниць на кузов. Для зберігання доробку деталей та складальних одиниць, що надходять з інших цехів або заводів, організовані проміжні склади. Заділ деталей розрахований на 2...3 год роботи або на одну зміну.

Подача деталей та складальних одиниць на ділянку остаточного складання кузова з проміжного складу та з ліній підбирання проводиться електрокарами у стандартній тарі.

Електрокари з підйомними вилками, піднявши спеціальні стійки або стелажі з укладеними на них складальними одиницями, захоплюють панелі приладів, внутрішні оздоблювальні панелі дверей, вітрові і задні скла і підвозять їх до місця їх постановки на кузов. З інших цехів деталі підвозять також на електрокарах та рідше на причіпних візках.

#### **10.2.2 Вузлове складання деталей та складальних одиниць**

Для скорочення потоку деталей та складальних одиниць, що йдуть на складальний конвеєр, та часу, що витрачається на постановку їх на кузов, поруч із конвеєром остаточного складання та обробки кузовів організовані лінії попереднього складання складальних одиниць кузова.

Тут попередньо збирають складальні одиниці, що складаються з деталей, що надходять від різних постачальників: скла з гумовим ущільнювачем і декоративною рамкою, що надходять зі склозаводу, із резинотехнічних виробів і з цеху гальванічних покриттів.

Для складання максимально використовують засоби механізації, застосовують універсальні клепальні верстати, спеціальні установки та ручний електро- та пневмоінструмент для згинання, проколки, запресування, обрізки, свердління, прогонки різблення та ін.

На ГАЗі панель приладів попередньо збирають на самостійному пластинчастому конвеєрі панелей. На пофарбовану панель приладів встановлюють м'які панелі, надставки, комбінацію спеціальних приладів, речовий ящик, попільничку, центральний перемикач світла, перемикач електродвигуна обдува

вітрового скла, перемикачі склоочисника, електродвигуна обігрівача заднього скла та антени, прикурювач, привод вентиляції, патрони контрольних ламп та ламп освітлення комбінації приладів та інші прилади; на панелі приладів монтують пучок дротів, дроти до кнопочних запобіжників, патрубки обдування вітрового скла.



Рисунок 10.2 – Лінія попереднього складання дверей поряд з основним конвейєром

На відміну від цього порядку на ВАЗі, пучки проводів прокладають до установки панелі приладів. Електропроводи потім кріплять за допомогою колодкових з'єднань.

Про важливість організації попереднього складання для забезпечення раціональної роботи основного конвеєра свідчить наступне зіставлення. Трудомісткість попереднього складання панелі приладів становить 11 % загальної трудомісткості остаточного складання кузова на основному конвеєрі.

Крім панелі приладів на цій ділянці збирають і інші складальні одиниці (верхню панель передньої частини збирають зі склоочисником і його приводом, жиклерами, шлангом омивача

вітрового скла; кришку вентиляції передка збирають з тягою, короб вентиляції передка – з кришками вентиляції, жолобок опускного скла власниками та ін.). Крім кузовних складальних одиниць, попередньо збирають кермо, блок педалей і ряд інших деталей, які встановлюють на кузові.



Рисунок 10.3 – Складання панелі приладів на конвеєрі

Вітрове та заднє скло кузовів легкових автомобілів та вітрове скло панорамного типу для кабін вантажних автомобілів після попереднього складання встановлюють у прорізи кузовів та кабін у зборі з ущільнювачами. Для монтажу скла на заводах використовують ущільнювачі різних конструкцій. Кожній конструкції ущільнювача властива своя технологія виготовлення та послідовність попереднього складання ущільнювача зі склом та постановки скла у отвір кузова або kabіни.

### **10.2.3 Складання скла з ущільнювачами**

Складання скла з трипазовими ущільнювачами (паз для скла, паз для декоративної рамки-молдингу та паз для установки в отвір кузова). Попередній монтаж скла, підготовку до встановлення його на кузов виконують у певній послідовності

використовуючи допоміжний шнур для полегшення установки вітрового скла на кузов.

На деяких заводах скло у зборі з ущільнювачем, декоративною рамкою-молдингом встановлюють не на попередньому, а на остаточному складанні кузова. Мастику наносять у ущільнювач іноді лише за остаточного складання кузова. У технологіях попереднього складання та постановки скла на кузов та кабіни багато спільного.

#### **10.2.4 Установка ущільнювачів дверей**

Гумові ущільнювачі на ГАЗі приклеюють до дверей кузова або кабіни клеєм, який забезпечує міцне і майже миттєве зчеплення поверхонь, що склеюються. Безпосередньо перед установкою ущільнювача на поверхню, двері що склеюється, наносять пензлем або під тиском шар свіжого клею.

Після накладання ущільнювача свіжий шар клею відновлює адгезійну здатність висохлого клею та відбувається міцне зчеплення ущільнювача з дверима. Іноді клей наносять на металеву поверхню (замість наклейки ущільнювача), і після відповідної витримки наносять клей на ущільнювач, а потім приклеюють. Так само приклеюють і ущільнювач багажника.

Інакше вирішено питання ущільнення дверей кузова на ВАЗі. Ущільнювачі складаються з трьох частин: кант отвору дверей складається з У-подібного сталевого каркаса, покритого хлорвініловим пластиком, і до нього приклеєний основний порожнистий ущільнювач із губчастої гуми.

Ущільнювач у зборі з кантом виготовляється на суміжному заводі та поставляється на ВАЗ. Постановка ущільнювача на кузов дуже проста і значно менш трудомістка. Ущільнювач відрізається потрібної довжини та надягається кантом на фланець отвору дверей.

#### **10.2.5 Установка стелі**

Перед встановленням стелі на кузов наклеюють шумо-термоізоляційну прокладку (картон, скловата, поролон, очеси, просочені різними смолами). Основним кріпленням стелі є сталеві дрютяні дуги, протягнуті через утримувачі. Кінці дуг вставляють в отвори бічних рейок даху. Попередньо в ці отвори

вводять гумові або пластмасові втулки, які запобігають випаданню дуг при натягу стелі формою даху, а також усувають стукіт і скрип під час руху автомобіля.

Стеля не прилягає до даху, а залишається підвішеною на дротяних дугах. Іноді стеля по бічні поверхні заправляють під спеціальний металевий тримач. Між м'якою прокладкою, приклеєною до внутрішньої поверхні даху, і стелею залишається зазор 10-15 мм для створення повітряного прошарку, необхідного для шумо- та термоізоляції кузова.

У ряді випадків стелю заправляють з боків під спеціальний металевий утримувач. Краї матеріалу стелі біля боковин до металу кузова приклеюють такими самими клеями. Установка стелі – трудомістка операція та потребує високої кваліфікації великої навички збирачів. Значно простіше постановка на кузов суцільноформованої стелі.

Його легко вносять у кузов і кріплять спереду за допомогою протисонячних козирків, а зверху – плафона освітлення, які ставляться у спеціально зроблені у стелі поглиблення з отворами для кріплення. З боків стеля кріпиться поручнями, а ззаду – пластмасовими кнопками та пістонами. На ВАЗі з впровадженням нової цільноформованої стелі тільки на одній лінії збірки в одну зміну вивільнилося 25 робітників.

#### **10.2.6 Установка вітрового та заднього скла**

Вітрове скло встановлюють у прорізи кузова два збирачі. Один працює спереду, а другий – усередині кузова. Перший центрує скло в отворі по горизонталі і притискає його до отвору. Вони ж натягують зсередини кузова кінці допоміжного шнура і поступово перетягують внутрішній пелюсток ущільнювача через гребінь отвору всередину кузова.

Одночасно з переміщенням допоміжного шнура перший збирач притискає скло до отвору, ударяючи по склу гумовим молотком, вітрове скло закріплюється в отворі кузова.

Після встановлення скла на кузов виробляють додаткову їх герметизацію. За допомогою шприца вводять під тиском герметизуючий склад (клей, мастика, лак та ін) між ущільнювачем і склом рівномірним і обов'язково безперервним шаром.





Рисунок 10.4 – Установка вітрового скла

Основним завданням при встановленні скла на кузовах є повна герметизація прорізів. Технологічне забезпечення якісного нанесення мастики ущільнювача між склом і ущільнювачем, а також між ущільнювачем і кузовом гарантує герметичність в експлуатації автомобіля.

Описаним способом встановлюють вітрові і задні скла на кузовах і кабінах з вікнами, що не відкриваються. На деяких вантажних автомобілях в кабінах передбачені вітрові вікна. У них вітрові скла вмонтовані в металеві рамки з тонкостінних гнутих профілів. Ці рамки роздільні.

Їх навішують на дві петлі кожен, у закритому стані вони утримуються кулісним механізмом. Рамки при необхідності відкриваються і можуть фіксуватися у двох різних положеннях.

Підібрані такі рамки зі склом кріплять гвинтами до закріплених над отвором вікна петлям. Герметичність забезпечується щільним приляганням рамки скла із ущільнювачем, закріпленням зовні рамки.



### 10.2.7 Установка электропроводки

На кузовах прокладають пучки дротів і приєднують дроти до приладів, встановлених на панелі. Всі кінці електропроводки забезпечені затискачами, що спрощує з'єднання проводів між собою і в точках підключення їх до приладів. Пучки проводів у місцях, де не потрібно великої міцності, кріплять до кузова липкою стрічкою, а в більш відповідальних місцях – хомутами і тримачами. На деяких кузовах кріплення проводів виробляють підгинання язичків металевих дужок, попередньо приварених до панелі кузова в місцях прокладання проводів.



Рисунок 10.5 – Установка электропроводки у кузові автомобіля

Практично вся система розведення електропроводки виконана на попередньому та остаточному складанні кузова на конвеєрі. Укладання електропроводів і всі підключення розбиті по елементах та закладені послідовно у технологічний процес попереднього та остаточного складання кузова.

Для з'єднання приладів та зручності монтажу, а також для виключення помилок дроту виконані у поліхлорвініловому обплетенні різного кольору. У сучасних автомобілях прилади електроустаткування підключають за однопровідною схемою, яка потребує особливо уважного ставлення до якості виконання робіт з прокладання та з'єднання елементів електропроводки.

На ділянці конвеєра, виділеному для перевірки якості виконання робіт з електроустаткування, встановлюють знижувальні трансформатори, до яких приєднується електропроводка кузова. Під час контролю трансформатори переміщуються вздовж конвеєра разом із кузовом, електрик перевіряє дію всіх приладів, встановлених на кузові, а також якість укладання електропроводки.

Перевіряють підключення і роботу фар, підфарників, комбінації приладів, габаритних ліхтарів, покажчиків поворотів, світлової сигналізації та ін. Якщо не вдається знайти дефект проводки, а прилад не працює, проводку та прилад замінюють.

### **10.2.8 Додаткові роботи**

Усі регульовальні операції та роботи з усунення відхилень, виявлених на лінії, належать до доробкових робіт. Вимоги до якості збирання та оздоблення кузовів розроблені на кожному заводі. Є інструкції, що служать основою регулювання та контролю елементів кузова на робочих місцях конвеєра остаточного складання кузовів.

На остаточному складанні кузовів, після установки всіх гумових ущільнювачів, положення навісних складальних одиниць (дверей, капота, кришки багажника та ін.) може змінитися, що потребує додаткового регулювання. Тому ряд вимог до якості деяких елементів кузова, які перевірялися на складання «чорного» кузова, повторюється у переліку вимог до кузова після його остаточного складання.

Невідповідності окремих елементів кузова усувають слюсарі шляхом регулювань, передбачених конструкцією кузова. На кожному заводі з урахуванням специфічних особливостей кузовів, що випускаються, розроблена методика забезпечення та доведення основних розмірів кузовів.

Перевірку (контроль) герметичності остаточно зібраного

кузова (салон, багажник, капотний відсік, корпуси електроапаратури) проводять у контрольних прохідних дощувальних камерах, розташованих відповідно до технології на спеціальних робочих місцях лінії конвеєра остаточного складання кузовів.



Рисунок 10.6 – Контроль герметичності кузова у дощувальній камері

При тиску води 125 кПа кузов перебуває на випробуванні 6 хв. Дощувальні форсунки орієнтовані таким чином, щоб повністю імітувати умови, за яких може виявитися просочування води під час експлуатації. Перевіряють також проникнення води та утворення конденсату у приладах освітлення та сигналізації.

Швидкість руху конвеєра та довжина дощувальної камери визначають час випробування кузова на герметичність. Після виходу кузова з камери з поверхні здувають воду, виявляють місця її просочування і усувають причини, що викликали течу.

Методики усунення течі різні кожному за випадку (затверджені технологічної документацією). Після усунення течі

кузов проходить повторну перевірку на герметичність у другій камері дощу. Як правило, просочування води більше не виявляється.

На ВАЗ відпрацьовується оригінальний ультразвуковий метод перевірки герметичності кузова. У закритий кузов встановлюється ультразвуковий генератор, а герметичність перевіряється контрольним приладом вздовж усіх ущільнень дверей, багажника та вікон. У разі порушення герметичності запалюється лампа.

### **10.2.9 Установка сидінь**

Конструкторами та технологами передбачено досить просте кріплення спинок та подушок заднього сидіння та передніх сидінь у зборі.

Установка передніх сидінь полягає у кріпленні санок до кронштейнів, приварених до підлоги з обох боків.



Рисунок 10.7 – Установка сидінь на конвейері BMW

## **11 ТЕХНОЛОГІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КУЗОВА**

Дані про експлуатацію автомобіля є основним та необхідним фактором для покращення моделей кузовів в аспекті їхньої функціональності та довговічності. До інформаційних даних з цих питань насамперед відносяться відомості про корозійність та консерваційно-ремонтні процеси.

### **11.1 Корозія**

Корозія та ерозія, що легко видно неозброєним оком, є основними явищами, що руйнують автомобільний кузов. Кузов піддається дії трьох основних видів корозії: хімічної, електрохімічної та контактної. За хімічної корозії метал окислюється.

Електрохімічна корозія виникає внаслідок того, що через різницю потенціалів в електроліті (вода, волога, пара) з'являються струми між частинками металу, що руйнують поверхню листів. Контактна корозія виникає внаслідок того, що під час вібрацій поверхні металу вдаряються одна об іншу, утворюючи менш щільні ділянки, що викликають псування поверхні металу. Боротьба з корозією здійснюється трьома основними засобами:

- покращенням якості сталевих листів;
- використанням захисних покриттів;
- належних деталей кріплення та прокладок, особливо для розбірних з'єднань.

Корозійна стійкість сталевих листів при додаванні міді у кількості 0,2-0,5 % збільшується у 1,5-3 рази. При додаванні в невеликих кількостях хрому або молібдену корозійна стійкість буде ще вищою.

Для отримання захисних покриттів, перш за все, проводять фосфатування у ванні перед забарвленням корпусу, застосовують оцинковані листи для найбільш схильних до корозії елементів, покривають деталі еластичними лаками, а основу піддають обприскуванню, що оберігає, від ерозії.

Практично розрізняють три причини корозії (рис. 11.1):

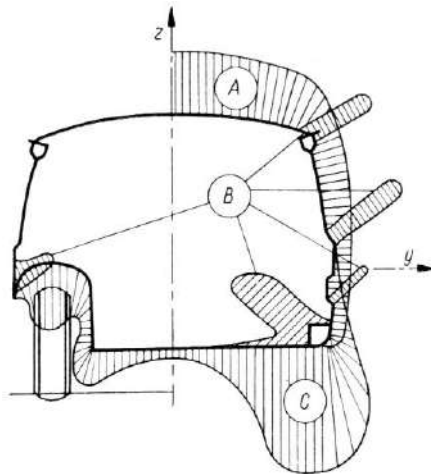
- добова конденсація водяної пари, що триває цілий рік;
- зміни вологості протягом року;

- дія розчинів солей на дорогах протягом приблизно 1/4 року.

Згаданим вище впливам особливо інтенсивно піддається не весь автомобіль, а окремі його частини. Для успішної протидії корозії необхідно знати механізм її дії.

Конденсація водяної пари (А) особливо інтенсивна під час стоянки автомобіля на свіжому повітрі. Кузов охолоджується, і його зовнішніх частин падає нижче точки роси.

Волога повітря осідає, насамперед, на даху, а далі на інших частинах. У волозі містяться забруднення, що й у повітрі: двоокис сірки (найнебезпечніший і що міститься у великій кількості у атмосферному повітрі промислових районів), сульфат амонію, частки пилу і вугілля.



- А – верхніх та бічних, внаслідок конденсації водяної пари; В – внутрішніх через добові та сезонні зміни температури та наявності бруду;  
С – нижніх, внаслідок впливу солей та бруду

Рисунок 11.1 – Можливість виникнення корозії на поверхнях кузова

Поверхня кузова піддається руйнівній дії електролітів, що утворилися через виділення води. При висиханні кузова збільшується концентрація розчину електроліту внаслідок

випаровування води. Концентрований електроліт дифундує через плівку фарби та мікротріщини, утворюючи окиси заліза під фарбою.

Фарба руйнується також через розтріскування та вапнування зовнішньої поверхні кузова, що лавиноподібно прискорює процес проникнення агресивних електролітів до металевих поверхонь кузова. Особливо чутливі до корозії, викликані конденсацією водяної пари, різноманітних мікробірників води, яких тому слід уникати при проектуванні кузова.

Причиною корозії внутрішніх поверхонь (В) кузова є наявність водних розчинів солей на них, внесених із брудом, та підвищена вологість повітря внаслідок добових та сезонних змін температури. Водні розчини діють особливо інтенсивно, коли знаходяться між металевою поверхнею кузова та герметичним внутрішнім оздобленням.

Крім того, водяна пара конденсується на внутрішній поверхні елементів кузова. Це особливо небезпечно для замкнених профілів порогів, стійок та обрамлення вікон.

Найкращим способом запобігання корозії внутрішніх поверхонь кузова є конструкція його елементів, що передбачає вентиляцію. Важливу роль відіграють і покриття, особливо для підлоги та дверей, що пропускають повітря та містять вентиляційні канали на поверхні, що прилягає до листа. Ознакою гарного кузова є герметичність його зовні та вентиляція усередині.

Активність сольових та лужних розчинів, солей та бруду, що знаходяться на дорозі (С), посилюється ерозійною дією. Солі з'являються в дорожньому багнюці в основному взимку, що пов'язано з роботою служб очищення доріг. У районі промислових підприємств, що забруднюють атмосферу, вони є, проте, постійно у формі сульфатів. Луги утворюються з соди, вапна та цементу, і, отже, зустріти їх можна на дорогах у районах будівництва. Луги розм'якшують на фарбу.

Для захисту поверхні від ерозійної дії бруду, солей та лугів використовують різного роду обприскування, але насамперед відповідні конструкції вузлів кузова. Нанесення найкращих плівок та обприскування не допоможуть, якщо краї листів не матимуть країв, на яких ці покриття були б міцними.

Найбільш неприйнятні конструкції з полицями у напрямку руху або утворюють заглиблення для бруду. Якщо таких конструкцій не можна уникнути, як у порозі, то єдиним виходом є застосування захисної кромки. Доцільно зменшення ерозії нижньої частини кузова використовувати грязьові щитки певних розмірів.

Основними причинами корозії є деформації та вібрації кузова. Нежорсткий кузов, що має середні та великі амплітуди коливань, не може бути корозійностійким. При цьому насамперед виникає контактна корозія в місцях з'єднань і по краях металевих листів, яка дуже швидко поширюється, незважаючи на наявність антикорозійних покриттів.

### **11.1.1 Вказівки щодо консервації**

Першою операцією обслуговування кузова є миття автомобіля. Форма кузова повинна бути такою, щоб на поверхні кузова не було місць важкодоступних або недоступних під час миття і щоб забезпечувався злив води. Зовнішні поверхні кузова не повинні пошкоджуватися при легкому витиранні, яке особливо потрібне при безгаражному зберіганні автомобіля. Елементи внутрішньої обробки кузова повинні легко вийматися під час провітрювання кузова. Провітрювання кузова є обов'язковим, особливо у передвесняний період, коли вологість повітря за нашого клімату досягає 100 %.

Доцільно проводити періодичні обприскування, що оберігають основу кузова та внутрішні поверхні замкнутих профілів. Для цього існує велика кількість хороших засобів. Якщо кузов не має вентиляційних отворів, через які можна виконати обприскування, потрібно зробити ці отвори і закривати їх спеціальними пробками.

Багато фірм, що передбачають консерваційні отвори при виготовленні кузова. Фірми, що випускають консерваційні матеріали або випробувальні лабораторії також дають рекомендації щодо консерваційних схем кузова.

При впровадженні правильних консерваційних заходів міцність кузова збільшується на 50-100 %, тому їх потрібно передбачати при проектуванні і виготовленні кузовів. Це особливо стосується кузовів автомобілів великого класу.



### 11.1.2 Вказівки щодо ремонту

Дорожні пригоди є неминучими, і тому необхідно передбачити критерії технології ремонту, пов'язаного з ними.

Ремонт, що з дорожніми обставинами, ділиться на два види:

**перший** – без демонтажу частин корпусу кузова, тобто у випадках невеликих вм'ятин, що закладаються заповненням скловатою та поліефірними смолами. Цей вид ремонту не відбивається на конструкції чи технології виробництва кузова;

**другий** – з демонтажем пошкоджених елементів та монтажем змінних зварних вузлів, тобто у випадках середніх та значних пошкоджень. Дані про цей ремонт становлять інтерес при проектуванні та розробці технології виготовлення кузова.

Для здійснення середнього та великого ремонту потрібна наявність змінних зварних частин. Очевидно, що виробник автомобіля не може передбачати спеціальні лінії для змінних запасних частин кузова. Отже, труднощі у тому, щоб визначити оптимальну розбивку кузова на частини.

Тут потрібно добре знати пристрій автомобіля і технологію його виробництва, так як з точки зору виробництва, беручи до уваги невеликі витрати на обробку тиском, великі витрати на складання, найкраще виконувати кузов з можливо більших штампованих деталей, а з міркувань ремонту бажаний поділ кузова на частини з урахуванням зон можливих ушкоджень.

Цей поділ збігається лише для деяких кузовів. Такі кузови є легкоремонтованими. Розбивка кузова на частини повинна здійснюватися з урахуванням поєднання ремонтних зон, кількість яких у середньому дорівнює  $3!$  ( $3$  Факторіал). Характерним є поєднання окремих зон. В більшості випадків це визначається ушкодженнями, що зустрічаються найчастіше.

Технологія виробництва та ремонту одна й та сама. Існуюче обладнання ремонтних підприємств дозволяє отримати з'єднання тієї ж якості, що і у виробництві, і навіть найкращого при використанні для точкових та суцільних швів зварювальних напівавтоматів, що виконують зварювання в газовому середовищі  $\text{CO}_2$ . Це ж стосується і фарбування.

Значно важче оптимально вирішити питання щодо монтажних баз та виправлення деформованих кузовів. У процесі

редагування кузова необхідно вирішити питання забезпечення взаємної жорсткості, яка повинна відповідати зусиллям редагування, які рівні силі зіткнення, але спрямовані в протилежний бік і діють на елемент, що виправляється.

Операцію рихтування корпусу автомобіля обов'язково треба враховувати щодо градації жорсткості елементів кузова. Нехтування цим зазвичай призводить до неприпустимо великих пошкоджень сусідніх елементів автомобіля при ремонті кузова, що економічно не вигідно і для виробників, і для експлуатаційників.

З економічного погляду ремонти кузовів виконуються швидко, високоякісно та з гарантією. Окупається навіть збирання кузова з кількох кузовів, що мають різні зони пошкоджень.

Ремонтні властивості в даний час при приблизно однаковій міцності кузовів є дуже важливим показником якості, який враховується більшістю виробників. Ремонтна сфера є додатковим джерелом цінної інформації щодо міцності кузова.

## 12 ПОПЕРЕДНІ РОЗРАХУНКИ КУЗОВА

Поряд з вимогами щодо оглядовості, зручності та безпеки кузов повинен відповідати наступним мінімальним вимогам щодо жорсткості та міцності:

- пружна деформація кузова при експлуатаційних навантаженнях повинна залишатися по можливості малою, під час деформації не повинно виникати коливань;
- експлуатаційна міцність має бути достатньою, протягом усього періоду експлуатації в жодному місці не повинно виникати тріщин або розривів, неприпустимі зони з критичними напругами.

Визначення напруги в небезпечних перерізах проводиться розрахунковим шляхом або експериментально. Вимірювання напруг та деформацій при статичному навантаженні дозволяє отримати відомості про міцність та жорсткість; за допомогою динамічного знакозмінного навантаження можна визначити коливальні властивості та термін служби.

Подібні випробування проводились і проводитимуться. Лабораторні та стендові випробування дозволяють вивчити властивості конструкції, що відповідають експлуатаційним навантаженням.

Однак такі дослідження можна провести лише на прототипі або експериментальному кузові, для виготовлення яких потрібно багато часу. У зв'язку з цим інженери-випробувачі хоч і дають достовірні результати, але часто тоді, коли підготовка виробництва йде повним ходом і необхідні зміни ввести дуже важко; крім того, зміни конструкції під час підготовки виробництва пов'язані з додатковими капіталовкладеннями.

### 12.1 Загальні зауваження щодо розрахунку

Прагнення зробити попередній розрахунок каркаса кузова цілком зрозуміло, оскільки воно продиктоване необхідністю досягнення мінімальної маси одночасно з виконанням вимог з безпеки, що постійно посилюються.

Тим не менш, розрахунок оптимальної конструкції кузова на етапі проектування можливий тільки тоді, коли у розпорядженні

проектувальника є досить точні та оперативні методи розрахунку, що дозволяють критично оцінити прийняті рішення та запропоновані варіанти. Дія навантажень і напруг складного виду в елементах кузова, виключає можливість застосування традиційних методів розрахунку.

Тільки метод кінцевих елементів, що допускає використання швидкодіючих та ефективних обчислювальних машин, а також периферійних пристроїв до них, дозволяє здійснити попередній розрахунок елементів нової конструкції у статичному та динамічному станах. Цей метод придатний і щодо порівняльних розрахунків існуючих конструкцій.

Метод кінцевих елементів полягає в тому, що конструкція замінюється структурною моделлю, що складається з найпростіших елементів, таких як стрижні, пластини та інші об'ємні елементи з відомими пружними властивостями.

Виходячи з того, що пружні властивості окремих елементів (наприклад, трикутників) відомі, можна визначити властивості всієї системи в цілому за певних навантажень (деформації, окремі сили, моменти і напруги). Щоб краще зрозуміти методику структурного розкладання, наведено двомірну модель простого елемента автомобіля (шатуна) на рис. 12.1.

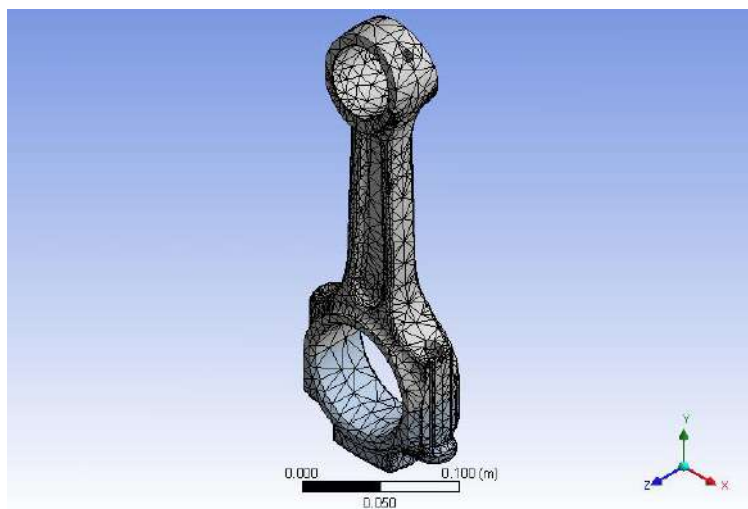


Рисунок 12.1 – Кінцево-елементна модель шатуна

Ми не будемо зупинятись на теорії та основних положеннях методу кінцевих елементів, однак, враховуючи можливості застосування цього методу кузовниками, було б обґрунтовано порівняти підходи до використання методу у різних фірм-виробників Німеччини, США, Японії та інших країн.

На відміну від літакобудування та космонавтики, для яких метод кінцевих елементів був розроблений, перш за все, у зв'язку з необхідністю створення дуже легких конструкцій, обмеженими можливостями для експериментування, застосування цього методу в автомобілебудуванні почалося пізніше.

З іншого боку, початковий варіант методу кінцевих елементів найбільше задовольняв вимогам авіації та космонавтики. Зовсім інша робоча концепція була розроблена для автомобілебудування фірмою Даймлер-Бенц, заснована на використанні системи кінцевих елементів.

В даний час існує багато програм, придатних до використання, які різняться головним чином ступенем точності, швидкодією і простотою застосування.

## **12.2 Розрахунок кузова за методом кінцевих елементів**

Процес розрахунку методом кінцевих елементів у тому вигляді, в якому його використовують на великих автомобільних фірмах, здійснюється у кілька етапів, першим із яких є попередня підготовка.

### **12.3 Попередня підготовка**

На цьому етапі конструкцію розбивають на прості елементи (трикутники, стрижні) для побудови структурної моделі. З метою дослідження загальної жорсткості та прогинів підходить поділ на великі елементи, у той час як для оцінки напруг (їх розподілу та пікових значень) необхідний поділ на дрібніші частини.

Оскільки кузов найчастіше виконують симетричним щодо поздовжньої осі, достатньо зробити структурне розчленування лише однієї його половини. Відмінності іншої половини можна врахувати спеціально.

Найпростіше це зробити, коли є кузов-прототип нового автомобіля або інший кузов з таким конструктивним виконанням. Бажано виготовити повністю модель кузова, а іноді й окремих

складних деталей, які раціональніше виконати з плексигласу в масштабі 1:1 або менше.

На цьому зразку проводиться структурне членування кузова, за якого одночасно нумеруються вузли. Ця робота потребує великого досвіду та ретельності.

Чим дрібніший поділ, а це особливо необхідно в критичних місцях, тим більше створена модель відповідає дійсному кузову. Однак при всій ретельності виконання цієї роботи багато деталей таких, як жолобки, виштаповки, отбортовки та ін., в такій моделі врахувати не можна.

Якщо є лише креслення, то структурне членування слід провести прямо на ньому, проте для цього потрібна хороша просторова уява, тому ця операція складна, пов'язана з помилками, і для неї потрібно багато часу. У майбутньому вирішення такої задачі має спроститись із використанням графічних дисплеїв. У разі, коли необхідно змінити вже відому структуру членування, досить нанести на креслення змінену структуру кінцевих елементів.

При членінні на кінцеві елементи великих структур, наприклад цілого кузова, виходить дуже велика кількість елементів. Структури з більш ніж 500 окремими елементами внаслідок дуже великої кількості даних, які мають бути отримані та (узагальнені, практично нерозв'язні).

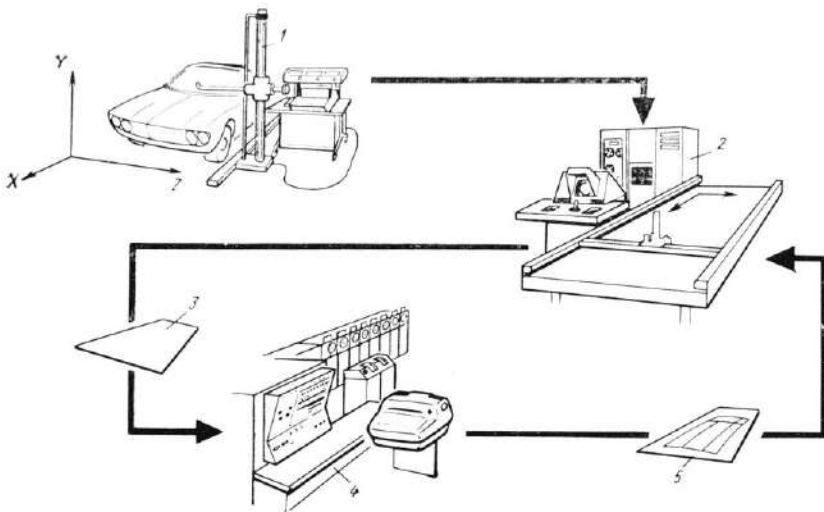
Тому структури краще поділяти на підструктури, наприклад, підрозділяти кузов на наступні частини, контури яких необхідно узгоджувати з технологічними особливостями виготовлення деталей: підлога і деталі порога, дах із задніми стійками, передня частина з брызговиками, переднє крило, внутрішня та зовнішня бічні панелі, центральна та передня стійки, арка заднього колеса, внутрішня та зовнішня панелі задньої частини, передній щиток кузова та деталі, що прикріплюються до нього поперечини (рама)

Більшість деталей кузова виготовляють з листової сталі, тобто з однотипного плоского матеріалу. Якщо деталі мають просту форму і приблизно рівну поверхню, наприклад лонжерони, прості гофровані деталі, то процес членування на кінцеві елементи можна автоматизувати за допомогою спеціальної програми. Їх параметрів служать вузлові точки і дані про бажану точність членування. Цей метод скорочує

витрати часу, тому в майбутньому він широко використовуватиметься і вдосконалюватиметься.

### 12.3.1 Отримання попередньої моделі за методом кінцевих елементів

Після розподілу на кінцеві елементи слід визначити координати вузових точок. Для цього використовують вимірювальну машину (рис. 12.2), яка «обмацує» модель; знайдені три координати та номер вузової точки, що визначають елемент та його положення, реєструються після проходження через аналого-цифровий перетворювач.



1 – вимірювальна установка; 2 – автоматичний графобудівник міні-ЕОМ; 3 – дані моделі; 4 – велика обчислювальна машина;  
5 – згладжені утворюючі поверхонь, описаних за допомогою генеруючої програми

Рисунок 12.2 – Послідовність обробки даних по кузову

В результаті отримують базу даних за вузовими точками та елементами. Після того, як всі необхідні дані зібрані та зареєстровані, можна за допомогою спеціальної програми зробити перерахунок їх у вихідну систему координат, причому

при цьому можуть виявитися похибки вимірювання. Отримана у результаті попередня модель містить деякі помилки.

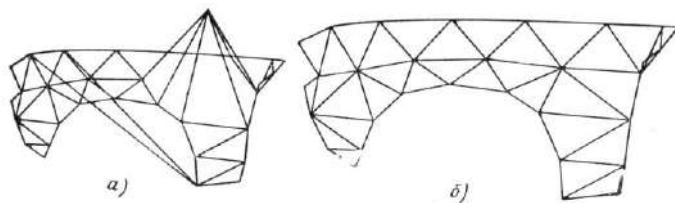
Поділ кузова на кінцеві елементи за моделлю, включаючи підготовку даних та їх реєстрацію, а також їх оцінку, триває приблизно чотири тижні, а якщо у розпорядженні є лише креслення, то значно довше.

### **12.3.2 Отримання моделі за методом кінцевих елементів з урахуванням додаткових даних**

На цьому етапі переробляється попередня модель у таких напрямках:

- усуваються помилки в базі даних за вузовими точками та елементом;
- враховуються дані про структуру (поперечний переріз стрижнів, дані про матеріал, навантаження, граничні умови).

Для першого пункту розроблено програму діагностики, за допомогою якої виявляються помилки форми (неправильне чи неодноразове визначення вузової точки, а також відсутність даних). Потім найважливіші деталі або підструктури викреслюють за допомогою графопобудівника для виявлення помилок, що залишилися (рис. 12.3).



а – з помилками у визначенні вузових точок та координат;

б – без помилок

Рисунок 12.3 – Побудова кінцево-елементної моделі крила

Якщо в даних усунуті всі помилки, слід визначити максимальну різницю номерів пов'язаних між собою вузових точок (ширина смуги) і постаратися зменшити її шляхом перенумерації (перестановки номерів) вузових точок. Нова нумерація повинна бути узгоджена з розрахунковою схемою, що



використовується. По другому пункту записуються додаткові дані такі, як моменти інерції та моменти опору певних поперечних перерізів (стійки дверей, лонжерони), показники міцності матеріалів і граничні умови, у тому числі відомі навантаження і зовнішні сили. Потім за допомогою спеціальної програми перевіряють повноту бази даних, правильність послідовності елементів та ін. Результатом проведення такої роботи є повна структурна модель кузова, яка може бути зображена за допомогою графопобудівника (рис. 12.4).

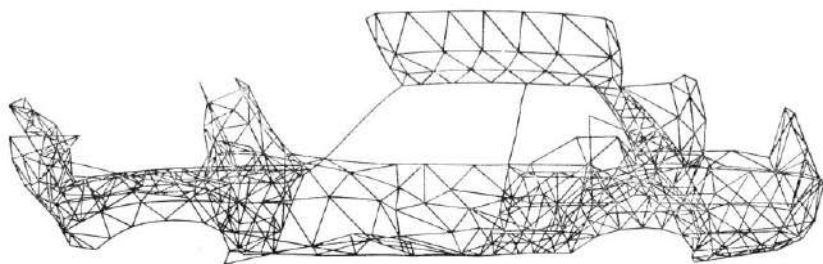


Рисунок 12.4 – Кінцевоелементна модель лівої половини чорного кузова дводверного седана

### **12.3.3 Розрахунок з використанням методу кінцевих елементів**

Після перевірки вхідних даних можна провести розрахунок з використанням ЕОМ. Для цього є різні програми, наприклад для статичних та для динамічних досліджень програма NASTRAN.

Видача даних (деформації, сили, напруги) зазвичай відбувається у наглядній формі. Роздруківка даних служить для контролю процесу розрахунку і протоколювання його. Для повної оцінки рішення необхідна додаткова інформація, наприклад наведені напруги, жорсткості, навантаження та ін.

Вихідні дані повинні бути перевірені та критично оцінені, якщо є тільки діаграми, то для цього потрібно дуже багато часу. Істотно скоротити час, необхідний для оцінки, і провести її точніше можна при використанні графічних пристроїв (дисплеї, графопобудівники), які показують структури у звичайному та деформованому станах, а також ізолінії головної напруги (рис. 12.5). Таким чином, конструктор отримує відомості, необхідні

для покращення конструкції. Іноді може знадобитися повторний розрахунок із зміненими вхідними даними. Витрати часу для проведення робіт етапу розрахунку становлять приблизно шість – вісім тижнів.

При використанні цього прогресивного методу розрахунку (завжди можна отримати результати) не слід забувати про те, що метод кінцевих елементів через свою природу (ми маємо справу лише зі структурою, що замінює кузов, точність якої залежить від обсягу даних, що вводяться) може дати лише приблизні дані для оцінки статичних та динамічних властивостей нового кузова.

Багато дрібні подробиці (наприклад, накладання одного шару металу на інший, місця зварювання, отвори) у розрахунку в основному не враховуються. Тож для уточнення розрахункових даних бажано провести експеримент.

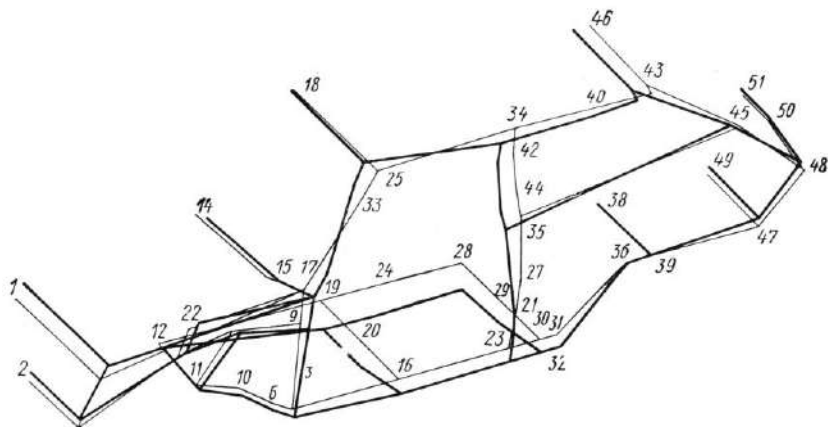


Рисунок 12.5 – Зображення конструкції в недеформованому та деформованому станах

Таким чином, сучасні методи розрахунку є великим кроком вперед у бодібіндингу на шляху, який проходить від мистецтва побудови вагонів, заснованого на досвіді, до науково обґрунтованої інженерії. Крім того, необхідно виконувати вимоги щодо безпеки, довговічності та вібростійкості таким чином, щоб маса конструкції залишалася мінімальною.

## 12.4 Механічна модель корпусу

Розрахунок на міцність реального корпусу недоцільний через непропорційно малий вииграш у порівнянні з витратами часу на розрахунок, труднощами його виконання та вкладеними засобами. Для розрахункових цілей виконують модель, яка, крім того, необхідна з таких міркувань:

- не всі елементи кузова дійсно важливі, і багатьма з них можна знехтувати без шкоди для точності результатів;
- технологічний поділ на групи та зварні вузли часто не збігається з розподілом на теоретично певні відсіки та структурні вузли;
- оперування великими та складними кресленнями форми корпусу у багатьох випадках дуже складне.

Необхідність розробки механічної моделі кузова впливає з конструкційно-технологічних властивостей сучасних кузовів, які є складною оболонково – рамною конструкцією. Саме такі типи конструкції мають, як правило, кузова з несучою обшивкою та обов'язковим посиленням дверних та віконних отворів.

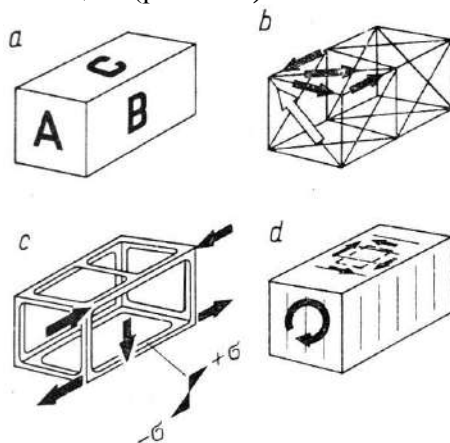
Крім того, заміна реальної конструкції механічною моделлю обґрунтовується технологічними міркуваннями, так як практика показала, що точність розрахунків, виконаних за моделлю за допомогою ЕОМ, вища за точність виконання реального кузова.

Крім наведених вище міркувань, є потреба узагальнення для спрощеного представлення кузова, і навіть аналізу на початкових етапах проектування. Ці спрощення можливі завдяки теоріям елементарних конструктивних площин та напівоболонкових конструкцій. Таким чином, механічні моделі кузова можуть бути двох типів: наскільки можна спрощені для проектних цілей і детальні для перевірочних цілей. Для першого типу моделі використовується метод елементарних конструктивних площин, другого – метод кінцевих елементів.

### 12.4.1 Елементарна конструктивна площина (ЕКП)

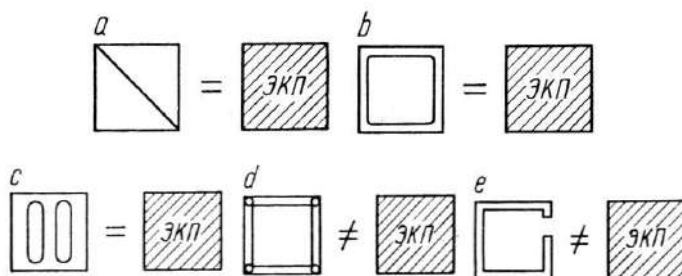
Корпус кузова, як уже вказувалося, є комбінацією оболонок і стрижнів, що утворюють систему поверхонь, в яких внутрішні сили стосуються цих поверхонь, званих нижче елементарними конструктивними площинами (рис. 12.6), скорочено ЕКП.

З рис. 12.6 слідує, що якщо в просторовій конструкції немає внутрішніх діагональних зв'язків між протилежними кутами, то таку конструкцію можна прийняти за комплекс ЕКП. Елементарною площиною визначається конструктивний елемент, твердий у своїй площині (рис. 12.7).



a – загальна форма паралелепіпеда з площинами А, В та С; b d – площини А, В, С, конструктивно виконані відповідно як ферми, рами та листові деталі

Рисунок 12.6 – Спрощені просторові конструкції

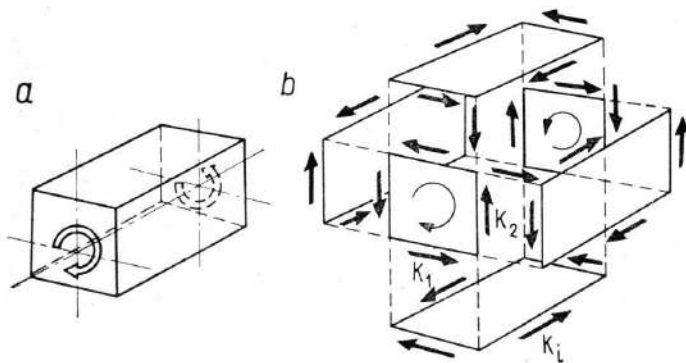


a – ферма; b – рама; c – деталь із листа;  
d – шарнірний багатокутник, нежорсткий у своїй площині;  
e – розрізана рама, нежорстка у своїй площині

Рисунок 12.7 – Різні типи конструкцій, наведені до елементарної конструктивної площини

Ферми, рами та листові деталі можна звести до поняття елементарної площини. Цьому поняттю, очевидно, не відповідають нежорсткі конструкції, що є механізмами.

У світлі поняття елементарної конструктивної поверхні значно ясніше можна уявити роботу корпусу кузова. Розчленування корпусу на систему ЕКП (рис. 12.8) має переваги в порівнянні з методом аналізу корпусу як єдиної замкнутої системи дотичних напруг у всіх деталях кузова в зборі.



а – схема корпусу та зовнішнє навантаження;  
 б – елементарні конструктивні площини та граничні сили

Рисунок 12.8 – Поділ корпусу на  
 елементарні конструктивні площини

Ці переваги визначаються двоетапністю конструктивних розрахунків та можливістю внесення необхідних змін у конструкцію в межах ЕКП без впливу цих змін на сусідні ЕКП. При використанні методу ЕКП першим етапом оцінки внутрішніх сил є розрахунок граничних сил у цих площинах.

Граничні сили дозволяють конструктору відразу встановити порядок величин навантажень. Можна також створити систему порівняльних показників, що прискорюють та спрямовують хід проектування.

Другим етапом методом ЕКП є визначення внутрішніх сил як функцій граничних сил у окремих конструктивних площинах. Визначення внутрішніх сил таких складальних одиниць корпусу

кузова як бічні стінки, дах, передня та задня стінки, які відповідно до методу ЕКП є незалежними одна від одної, являють собою, таким чином, розв'язання низки завдань на площині.

Це в порівнянні з одним складним завданням при використанні методу єдиної замкнутої системи дотичних напруг сприяє значному полегшенню роботи.

## **13 СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ, КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ І ШУМОПОГЛИНАННЯ У КУЗОВАХ**

До системи вентиляції та опалення відносяться повітряні входи із зовнішнього боку кузова, вентилятори, нагрівач, повітроводи, що закінчуються соплами, зовнішні виходи з кузова або виходи в замкнутий контур, а також механізм управління напрямом та температурою потоку повітря.

Система вентиляції та опалення доповнюється спеціальними елементами для провітрювання кузова. (Провітрювання кузова шляхом відкриття вікон не є вентиляцією. Ці два поняття часто помилково ототожнюються).

Правильне кондиціювання повітря в салоні зменшує втому водія і тому є важливим елементом безпеки. Повітрообмін, підігрів та охолодження повітря є неодмінними умовами створення комфорту в салоні.

Крім того, система опалення та вентиляції повинна усувати запотівання вікон при сильних коливаннях температури та вологості повітря. Виконати перелічені завдання в умовах руху автомобіля, що постійно змінюються, при дуже різних вимогах і чутливості пасажирів до комфорту дуже важко.

У зв'язку з цим нижче розглянуті найважливіші принципи конструювання системи опалення та вентиляції, оскільки вони істотно впливають на конструкцію кузова.

Система опалення та вентиляції та кондиціонер (вентиляція, опалення, охолодження, контроль вологості) розрізняються між собою.

### **13.1 Види систем опалення**

На автомобілях застосовують системи опалення таких видів.

1. Системи з використанням тепла двигуна:

- а) від системи охолодження двигуна;
- б) від системи випуску відпрацьованих газів.

2. Системи із власним джерелом тепла:

- а) не залежні від двигуна;
- б) залежні від двигуна.

### 3. Комбіновані системи.

Якщо двигуни охолоджуються рідиною (водою), то в системах опалення з використанням тепла від двигуна можлива передача тепла в кузов від радіатора опалення та із застосуванням труб, якими подається в кузов або нагріта рідина, або нагріте нею повітря.

При повітряному охолодженні двигуна теплоносієм системи є повітря. У системах опалення з використанням тепла газів, що відпрацьовали, тепло передається в кузов по трубах від повітряної або водяної сорочки, що охоплює одну з нагрітих частин системи випуску відпрацьованих газів. Системи опалення із власним джерелом тепла також бувають повітряними або рідинними.

Найбільш поширені опалювальні пристрої, для яких джерелом тепла є система рідинного охолодження двигуна. Ці пристрої прості, як правило, досить ефективні для легкових автомобілів та кабін вантажних автомобілів (тобто для порівняно невеликого обсягу кузова), а також виключають передачу в кузов відпрацьованих газів, гару та неприємних запахів з підкапотного простору.

Для кузовів великого об'єму та для роботи при особливо низькій зовнішній температурі такі пристрої мало придатні: ефективність їх недостатня; втрати тепла в довгих трубах, якими в кузов подається повітря чи рідина, великі.

Крім того, великий об'єм системи та віддача тепла в кузов можуть призвести до порушення теплового режиму роботи (надмірного охолодження) двигуна, а в трубах, що розводять, можливе замерзання води при стоянці автомобіля. Загальний недолік цих систем – залежність температури в кузові від теплового стану двигуна.

Передача трубами нагрітої рідини менш доцільна, ніж передача нагрітого повітря: в останньому випадку можна використовувати швидкісний напір зустрічного потоку повітря, здійснити рециркуляцію повітря в кузові при сильному морозі, поєднувати систему опалення з системою вентиляції (якщо радіатор опалення відключений від двигуна).

Найпростіша схема описаної системи опалення, в систему входять: з'єднувальні труби (між водяною сорочкою двигуна та радіатором опалення), батарея радіатора опалення, кожух



радіатора та клапан притоку повітря з рукояткою його включення. При цьому радіатором опалення може бути і радіатор системи охолодження двигуна. Така система діє ефективно лише при русі автомобіля зі швидкістю понад 25-30 км/год.

Для підвищення ефективності системи опалення до неї включають вентилятор з електродвигуном, який спрямовує потік повітря через радіатор опалення незалежно від швидкості руху автомобіля. Зазвичай частина нагрітого повітря надходить по спеціальних трубах до скла вітрового вікна для запобігання його запотівання та обмерзання.

Система опалення з використанням тепла двигуна, що охолоджується повітрям, менш ефективна. Крім того, можливе попадання в кузов гару та запаху, так як повітря для опалення беруть безпосередньо з потоку, що проходить біля циліндрів двигуна.

Тому автомобілі з двигунами повітряного охолодження бажано забезпечувати опалювальними пристроями із власним джерелом тепла. Системи опалення, що використовують тепло газів, що відпрацювали, в даний час майже не застосовуються.

Ефективність цих систем великою мірою залежить від режиму роботи двигуна; крім того, вони не відповідають санітарним вимогам: якщо теплоносієм служить повітря, важко запобігти попаданню в кузов чадного газу (що міститься у відпрацьованих газах) навіть при дуже ретельному виконанні теплообмінника, оскільки стінки випускного трубопроводу та глушника внаслідок дії корозії, теплової напруги та підвищеного тиску стають газопроникними. Якщо теплоносієм служить рідина, система опалення значно ускладнюється.

Системи опалення з власним джерелом тепла позбавлені недоліків, властивих описаним вище системам, але порівняно дорогі та складні, вимагають додаткової витрати пального; тому їх застосовують поки що у випадках, коли опалення з використанням тепла двигуна неможливе (на причепах; на автомобілі при непрацюючому двигуні) або явно недостатньо (на великих автобусах, пересувних лабораторіях, на деяких автомобілях з двигуном повітряного охолодження тощо).

Повітряні, не залежні від двигуна, опалювальні пристрої носять (умовно) назву обігрівачів, рідинні – підігрівачів.

Обігрівачі, як правило, влаштовані таким чином, що вони забезпечують ефективне обігрів кузова та примусову вентиляцію.

**Обігрівач** складається з циліндричного корпусу і електродвигуна, що знаходяться в ньому, вентиляторів для подачі і нагнітання повітря, паливного насоса, розпилювача палива і теплообмінника. На корпусі змонтовано пристрої для автоматичного керування обігрівачем. При включенні обігрівача суміш спалахує свічкою розжарювання, а потім згоряє безперервно, нагріваючи повітря в теплообміннику.

**Підігрівачі** служать одночасно для опалення кузова та для коригування теплового режиму роботи двигуна (передпусковий підігрів, запобігання та ліквідація надмірного охолодження).

Їх недолік – складність конструкції, особливо у поєднанні з припливно-витяжною вентиляцією. Як і при системі опалення від двигуна з рідинним охолодженням, тепло від підігрівача до кузова передається по трубах рідиною або повітрям.

Обігрівачі та підігрівачі не розглядаються докладно, тому що їх конструювання входить до завдань спеціалізованих, а не кузовних бюро. Кузовники займаються лише розміщенням таких установок у кузові та пристроєм повітроводів. Нижче наведено коротку технічну характеристику обігрівачів.

Системи опалення, залежні від двигуна, але з власним джерелом тепла, працюють тільки при двигуні, але їх ефективність не змінюється зі зміною теплового режиму двигуна.

Такі системи поширені трохи. Повітропроводи систем опалення та вентиляції зазвичай виконують з листового матеріалу (сталь, алюміній, пластмаса, картон). Сталеві коробки повітроводів часто вбудовуються в корпус кузова і є його невід'ємними структурними, а часом і силовими елементами.

Так, у автомобілів з двигуном, розташованим ззаду, нагріте повітря направляють до передньої частини кузова по порожніх балках основи, по кожуху (тунелю) над середньою частиною підлоги, в якому розташовані тяги управління, або між стінками подвійної підлоги.

Наприклад, у автобуса ПАЗ-652 нагріте повітря йде коробкою, яка одночасно служить перегородкою між кабіною водія та пасажирським салоном. Повітропроводи від розміщених попереду отворів для входу повітря на легковому автомобілі

зазвичай посилюють бічні панелі передньої стінки, а в автобусах служать балками для кріплення сидінь (з внутрішньої сторони боковин кузова) або підставою для встановлення освітлювальних плафонів та коробками для електропроводки (на стелі).

### 13.2 Види систем вентиляції

Найпростішим приладом є клапан, що встановлюється перед вітровим вікном і призначений для провітрювання частини пасажирського приміщення, що тільки найбільш нагрівається двигуном.

У ранніх конструкціях клапани були єдиним приладом вентиляції. Недоліки клапана – обмеженість його дії та поширення по кузову пилу, що піднімається з тола потоком повітря, що надходить через клапан. Більш досконала вентиляція забезпечується безпротяговою системою (рис. 13.1).

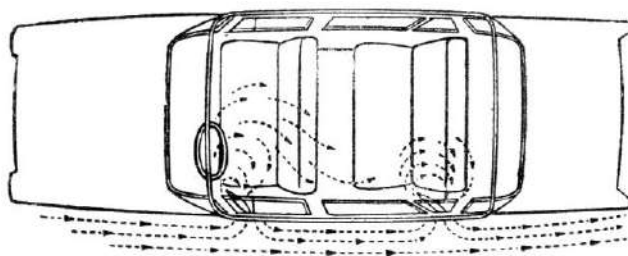


Рисунок 13.1 – Схема безпротягової вентиляції кузова

Бічне вікно розділене на дві частини, причому одна частина (поворотне вікно) обертається на петлях навколо вертикальної або похилої осі, а інша опущена (відкидне вікно). При відкритті поворотного вікна утворюється циркуляція повітря навколо нього: надходження до кузова свіжого повітря зовні і вихід повітря з кузова.

Незначні завихрення мають місцевий характер, унаслідок чого в кузові не створюється протягу. Таку систему у поєднанні з клапанами передньої стінки застосовують на більшості кузовів легкових автомобілів та в кабінах вантажних автомобілів.

У новітніх системах вентиляції повітря, що надходить у

кузов автомобіля, пропускається через регульований радіатор опалення, потім через патрубки обігрівача вітрового вікна і через щілини біля боковини кузова (вздовж стінок) надходить у внутрішнє приміщення кузова.

Під час руху автомобіля з невеликою швидкістю повітря нагнітається вентилятором, який включається за швидкості понад 50 км/год. Перед надходженням в обігрівач повітря очищається від пилу у дротяному фільтрі, а від великих крапель вологи – ребрами-відбивачами.

Водяний обігрівач, з'єднаний із системою охолодження двигуна, встановлюють під щитом приладів, під сидінням або у перегородці кузова. У першому випадку повітря йде через патрубки обігрівача до вікна, а також нижню частину кузова або вздовж його стінок; напрямку потоку регулюється стулками обігрівача; у другому випадку потік розсіюється, нашттовхуючись на нижню поверхню сидіння.

З кузова повітря виходить через нещільність дверних та віконних отворів; зворотний рух через ці нещільності виключається через трохи підвищений тиск повітря в кузові.

Швидкість проходження води та повітря через обігрівач регулюється в деяких конструкціях автоматично за допомогою термостатів, в теплу погоду опалення вимикається, і система діє тільки як вентиляційна.

У кузовах автобусів найбільш поширена система, при якій свіже повітря проникає через щілини та фільтр біля вітрового вікна в коробку між внутрішньою та зовнішньою обшивкою кузова; з цієї коробки повітря висмоктується вентилятором і через ряд отворів на стелі чи боковинах у корпусі надходить у кузов. Отвори для виходу повітря розташовані у передній частині даху, тому повітря, перш ніж вийти, має пройти через весь кузов.

### **13.2.1 Провітрювання кузова**

Провітрюванням називається вільна циркуляція повітря, що визначається природною різницею тисків, викликані обтіканням кузова струменями повітря.

Повітря, що надходить при цьому всередину кузова, дозволяє освіжити повітря в кузові, усунути забруднення, наприклад тютюновий дим, і змінити температуру всередині кузова.

Забір повітря для провітрювання здійснюється з тих поверхонь кузова, на яких надлишковий тиск, а виведення повітря проводиться з зон зниженого тиску.

### **13.2.2 Вентиляція та обігрів**

Питання вентиляції та опалення подібно до питань замикання кузовів являють собою спеціальну проблему, яка не є предметом проектування. Роль конструктора та виробника кузова обмежується встановленням атмосферних умов усередині кузова, проектуванням входів та виходів потоків повітря, розміщенням обігрівача певного типу та пристроєм повітроводів.

Параметри атмосфери приміщення кузова відомі з численних досліджень та випробувань. Хоча їх поділ на зони умовний, частково ці параметри прийняті практикою і відображені в нормах як значення, що відповідають середньому людському організму. Зовнішні входи та виходи повітря розміщують з урахуванням принципів аеродинаміки. Розміщуючи виходи повітроводів у кузові, слід враховувати розподіл температур.

Потоки повітря повинні бути спрямовані так, щоб тепло розподілялося відповідним чином, а саме найвища температура повітря має бути в зоні біля ступнів та найнижча – біля голови водія та пасажирів. При опаленні для такого розподілу тепла потрібне подання додаткових холодних струменів повітря.

В результаті співвідношення кількості сопел холодного та теплого повітря має бути 1:2. Причому має бути передбачене індивідуальне регулювання холодного повітря як у напрямку (найлегше з використанням кульового шарніра), так і по подачі.

Подача теплого повітря має регулюватися від 0 до 100 %. Управління системою засноване на регулюванні обігрівачаючого фактора. При повному вимкненні джерела тепла система діє як вентиляція.

### **13.3 Вимоги до систем вентиляції та опалення та принципи дії цих систем**

Мікроклімат салону визначають такі фактори: надходження свіжого повітря, переважно для підтримки в салоні необхідної кількості кисню; швидкість переміщення повітря в салоні, та його розподіл; температура повітря у салоні; відносна вологість

повітря; забрудненість повітря (пил, запахи, гази що відпрацювали); температура стін, що обмежують салон.

Пристрої для вентиляції та опалення в автомобільних кузовах повинні забезпечувати такі повітрообмін, температуру та вологість повітря в кузові, щоб пасажирів та водій не зазнавали неприємних чи болючих відчуттів від задухи, спеки, холоду, протягу. Крім того, сучасні вентиляційно-опалювальні пристрої зазвичай поєднують з пристроями, що запобігають запотіванню та замерзанню скла.

Найбільш суворі вимоги пред'являються до систем вентиляції та опалення кузовів автомобілів вищого класу, а також міжміських автобусів, у яких пасажирів перебувають тривалий час. До систем вентиляції та опалення кузовів легкових автомобілів масового виробництва (середнього класу) та кабін вантажних автомобілів пред'являються менш суворі вимоги, а кузовів мікроавтомобілів – дуже малі.

На особливому положенні знаходяться міські автобуси, для яких характерний рух із малою швидкістю, часте відкриття дверей та короткочасне перебування пасажирів при значному наповненні кузова. Нарешті, специфічні вимоги пред'являються до систем вентиляції та опалення автомобілів-самоскидів та інших автомобілів, що працюють в умовах підвищеної запиленості повітря і дуже високої або дуже низької зовнішньої температури.

При звичайних розмірах кузовів кожного пасажирів припадає обсяг повітря від 0,4 до 1,2 м<sup>3</sup>. При такому порівняно невеликому об'ємі та за відсутності вентиляції в кузові швидко накопичуються волога, вуглекислота та шкідливі компоненти відпрацьованих газів двигуна.

Першою умовою гарної вентиляції є повітрообмін, причому влітку за високої температури він повинен бути в 2-3 рази інтенсивнішим, ніж узимку. Виходячи з цієї вимоги, сучасні системи вентиляції розраховують на роботу в літніх умовах. У зимових умовах можна частково або повністю використати повітря з кузова (рециркуляція).

Отвори для входу повітря в систему вентиляції та опалення розташовують на ділянках найбільшого тиску, згідно з картиною тиску, отвори для виходу повітря – на ділянках найбільшого

розрідження.

Практично отвори для входу повітря найвигідніше розташовувати на передній панелі оперення, між крилами та радіатором; між капотом і нижньою кромкою вітрового вікна, за наявності клапана, що піднімається, або уступу; над вітровим вікном, якщо є козирок; на передній панелі автобусів вагонного типу та передніх кабін.

Для зменшення попадання в кузов пилу та газів, що відпрацювали, від інших автомобілів бажано, щоб ці отвори знаходилися якомога вище. Розташовувати клапани на боковині передньої стінки недоцільно, тому що на цій ділянці зазвичай спостерігається розрідження.

Отвори для виходу повітря та клапани розміщують на передньому схилі та в середній частині даху, на боковинах передньої стінки, на задніх кутах та стійках боковини.

Біля заднього вікна отвори розташовувати недоцільно, так як тут потоки повітря безладні, а іноді спостерігається і підвищений тиск повітря. Всі отвори та клапани повинні бути влаштовані таким чином, щоб до кузова не проникала дощова вода; для цього їх забезпечують жолобами і трубками, що відводять воду.

Для забезпечення їх герметичності та запобігання стукам клапанів у закритому положенні застосовують гумові ущільнювачі. У коробку припливного повітроводу закладають дротяний, сітчастий або інший фільтр для очищення повітря

Для достатньої подачі повітря в кузов живий переріз повітроводу має бути тим більшим, ніж довше повітропровід, приблизно з розрахунку  $0,5 \text{ дм}^2$  на 1 м довжини повітропроводу; на кінцях повітропроводу повинен мати розширення.

Внутрішня поверхня повітропроводів повинна бути гладкою, без різких переломів, а зовнішня – покритою звукопоглинальним матеріалом (для зменшення вібрації панелей повітропроводу та шуму в кузові від руху повітря). Кузов повинен бути ізольований від попадання відпрацьованих газів двигуна. Вміст окису вуглецю в кузові має перевищувати 0,01 мг/л, вуглекислого газу 1,5 мг/л при закритих вікнах.

Система вентиляції кузова може бути природною чи примусовою. Система природної вентиляції порівняно проста за пристроєм, але має два істотні недоліки – по-перше, її дія, як

правило, викликає протяги в кузові і, по-друге, її важко поєднувати з ефективною системою опалення.

Тому у сучасних кузовах застосовують примусову вентиляцію. Вентилятор, що приводиться в дію електродвигуном, нагнітає повітря в кузов через радіатор (влітку, що відключається) або інший апарат опалення. Для забезпечення рециркуляції є клапани, які дозволяють подавати в систему як зовнішнє повітря, так і повітря з кузова.

З кузова повітря виходить через поворотні вікна або спеціальні клапани завдяки різниці тисків повітря в кузові та зовні. Система опалення повинна забезпечувати взимку підвищену температуру, причому в різних місцях кузова не повинно бути великої різниці температур. У міських автобусах біля дверей, що часто відкриваються, влаштовують теплові завіси.

Повітря, що подається в кузов, зазвичай використовується і для обдування вітрового вікна, щоб запобігти його запотіванню та обмерзанню.

Ефективність пристрою для обдування скла повинна бути такою, щоб через 1 годину після початку обігріву обмерзлого скла при зовнішній температурі до  $-25^{\circ}\text{C}$  і при закритих вікнах вітрове вікно і передня частина бічних вікон були чистими.

Для зниження вологості повітря в кузові, що є основною причиною запотівання та обмерзання скла, бажано, щоб для обдування скла подавалося свіже повітря.

Для теплоізоляції кузова на його металеві стінки зсередини накладають різні матеріали – теплоізоляційний картон, повсть, азбест, пінопласт, а в дверних та віконних отворах встановлюють ущільнювачі з м'якої гуми.

Особливо ефективною повинна бути теплоізоляція даху кузова, що інтенсивно обігрівается сонячними променями, а також передньої його частини, що нагрівається двигуном і випускним трубопроводом.

### **13.3.1 Надходження повітря та його розподіл**

Відповідно до загальних вимог до систем вентиляції за стандартом, мінімальна кількість повітря, що надходить на одну людину, повинна становити  $0,5 \text{ м}^3/\text{хв}$ , тобто  $2\text{-}2,5 \text{ м}^3/\text{хв}$ , для



чотири-, п'ятимісного автомобіля, в якому зайняті всі місця, незалежно від того, чи стоїть автомобіль на місці або рухається.

Забезпечити проходження достатньої кількості повітря через салон за рахунок динамічного напору можна лише під час руху автомобіля з великою швидкістю, тому необхідним елементом системи є вентилятор.

Насправді, щоб забезпечити задовільну вентиляцію в сонячний літній день, надходження повітря має бути істотно більшим, ніж зазначено вище, а саме: 4-6 м<sup>3</sup>/хв для невеликих та 8-10 м<sup>3</sup>/хв для великих автомобілів. Щоб уникнути неприємного відчуття протягу, середня сірість надходження повітря не повинна перевищувати 0,5 м/с.

Крім того, розташування отворів, призначених для надходження повітря, має бути узгоджене з положенням отворів виходу повітря таким чином, щоб у салоні автомобіля за будь-якої швидкості існував невеликий надлишковий тиск, що запобігає проникненню в салон відпрацьованих газів, пилу тощо.

При закритих вікнах через витяжні отвори видаляється тільки 50-70 % повітря, що надходить в салон, а решта його просочується через дефекти ущільнень вікон, дверей та інших елементів, що не піддаються контролю. Необхідна мала «середня швидкість надходження повітря» (у деяких зонах вона може бути більшою за середнє значення) повинна досягатися шляхом відповідного розподілу загального потоку повітря.

Нагадаємо, що забір повітря має здійснюватися у зоні надлишкового тиску, а викид повітря – у зоні розрідження.

Хорошого розподілу повітря можна досягти лише шляхом правильного розміщення численних регульованих отворів для надходження повітря в салон.

Ці отвори, розташовані вздовж панелі приладів, призначені для регулювання кількості та напрямку потоку повітря, що надходить у салон, залежно від умов експлуатації автомобіля. У будь-якому випадку потрібна наявність наступних потоків:

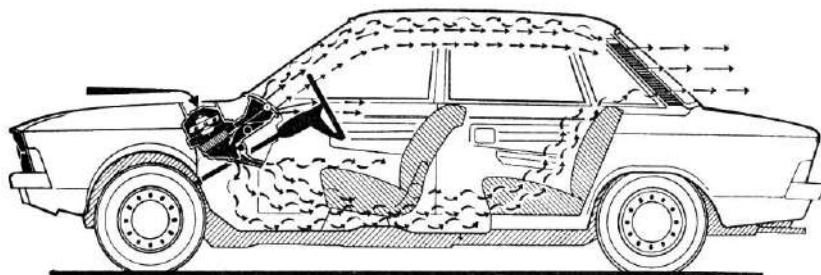
- потоку повітря вздовж боковин, який може прямувати через дверні канали назад (бічні дефлектори);
- прямого потоку свіжого повітря центром салону автомобіля, з надходженням повітря приблизно на рівні грудей (центральні дефлектори);

- потоку повітря в зону ніг та до вітрового скла (по обидва боки автомобіля); за низької температури навколишнього середовища цей потік повинен добре прогріватися; у бічні та центральні дефлектори також має подаватися тепле повітря.

Згадана раніше швидкість повітряного потоку, що надходить у салон, впливає як відчуття протягу, а також і на сприйняття температури. Внаслідок охолодження поверхні тіла внаслідок підвищеної тепловіддачі при переміщенні повітря людина здатна витримувати вищі температури, при цьому температура навколишнього середовища здається людині нижчою.

Перше використовують влітку для «охолодження вітерцем», останнє слід брати до уваги при проектуванні системи опалення автомобіля. Хороше самопочуття при температурі  $20^{\circ}\text{C}$  і нерухомому повітрі відповідає приблизно  $26^{\circ}\text{C}$  швидкості повітря  $1\text{ м/с}$ .

Система вентиляції та опалення є складним агрегатом (рис. 13.2), і ефективність її визначається продуктивністю вентилятора, що має щонайменше дві швидкості.



хвилясті стрілки – тепле повітря;  
прямі стрілки – холодне

Рисунок 13.2 – Система вентиляції та опалення автомобіля VW K70

Крім того, значна роль відводиться повітроводам та механізмам керування заслінками. При розміщенні сопел повітроводів на панелі приладів кузова легкового автомобіля забезпечується гарне розподілення температур переважно тільки

для передньої частини пасажирського відсіку.

Тому кузови автомобілів великого класу забезпечені додатковими повітропроводами, що направляють струмені теплого повітря безпосередньо на ноги пасажирів, що сидять на задньому сидінні, або додатковим обігрівачем, що зазвичай розміщується під панеллю заднього вікна. У кузовах автобусів, як правило, мають передбачатися поздовжні канали, що розподіляють потоки повітря по всьому кузову.

Для забезпечення певної температури повітря в салоні автобусів застосовують системи незалежно від двигуна. Обігрівач у цьому випадку є самостійним агрегатом, що виробляє тепло і розповсюджує його по повітропроводах.

### **13.3.2 Проблема температури в салоні – опалення та вентиляція**

Для забезпечення необхідного температурного комфорту температура повітря в салоні повинна бути в інтервалі 18-22°C. Проведені вимірювання та експерименти показують, що перепад температур сприятливий для людини: на рівні голови температура має бути на 5-8° нижче, ніж у ділянці ніг, як улітку, так і взимку. Щоб забезпечити такий тепловий режим, необхідно провести розрахунок системи вентиляції та опалення.

Досягти необхідного перепаду температур можна шляхом продуманого розподілу повітряних потоків та підігріву повітря взимку. Встановлений температурний режим в салоні в стаціонарному стані визначається балансом між кількістю теплоти, що надходить ззовні (сонячне випромінювання) і зсередини (двигун, опалення, тепловиділення від людей, що сидять в автомобілі) і теплообміном через поверхню кузова за рахунок унесення теплоти вентиляційним повітрям.

Робота системи вентиляції та охолодження особливо утруднена влітку в умовах прямої дії сонячних променів. Шляхом застосування ефективної термоізоляції (насамперед даху), фарбування кузова та салону у світлі (відбивають) кольори, а також використання тонованого скла можна зменшити цей тепловий потік. Колір обумовлює зміну температури в салоні (якщо порівнювати кузови білого та чорного кольору) порівняно з температурою зовнішнього середовища залежно від розмірів

автомобіля на 8-15%. Звичайне (нетоноване) скло пропускає світлове і теплове випромінювання майже безперешкодно, тому загальноприйняті в даний час великі вікна в цьому відношенні не є вдалим рішенням.

Під час руху автомобіля повітря, що обтікає кузов, надає деяку охолодну дію, але якщо не застосовуються додаткові охолоджувальні пристрої, температура в салоні постійно вища за температуру зовнішнього середовища на 3-4°C в основному з наступних причин.

Внаслідок виділення теплоти двигуном, трансмісією та системою випуску відпрацьованих газів, незважаючи на хорошу ізоляцію, відбувається підігрів повітря салону. До цього можна додати теплоту, яку виділяють люди, що знаходяться в автомобілі, яка в стані спокою становить приблизно 100 ккал/год.

Влітку виділення вказаної теплоти має компенсуватися провітрюванням таким чином, щоб у салоні підтримувалася температура, прийнятна для людей.

Така бажана влітку віддача теплоти поверхнею кузова внаслідок занадто малого перепаду температур у салоні та зовні дуже невелика. Тому, якщо неможливо отримати прийнятну температуру в салоні за допомогою природної вентиляції, необхідно передбачити додаткове охолодження повітря, що надходить в салон за допомогою системи охолодження.

Вона може встановлюватися в автомобіль незалежно від існуючої системи опалення та вентиляції, проте краще їх поєднувати, тоді виходить система кондиціонування. За допомогою такої системи можна регулювати не лише температурний режим у салоні, але й вологість повітря.

Додаткове охолодження повітря салону необхідне при температурі зовнішнього середовища вище 35°C та інтенсивному сонячному випромінюванні.

У цьому випадку температура повітря в салоні, щоб уникнути небезпеки переохолодження, не повинна бути нижче температури зовнішнього середовища більш ніж на 10°C, причому температура холодного повітря, що надходить з теплообмінника, не повинна бути нижче 5°C.

Доцільно охолоджувати тільки частину свіжого повітря (приблизно 30 %), решту повітря, що надходить, слід

використовувати для освіження повітря в салоні, тоді зростає ефективність використання повітря і зменшуються конструктивні витрати на кондиціонер.

Звичайно, вікна автомобіля (з тонованим склом) повинні залишатися закритими. Тим не менш, для охолодження повітря споживається велика потужність, оскільки потрібно не тільки охолодити повітря, але й компенсувати його нагрівання від сонячного випромінювання і внутрішній «підігрів» салону.

### **13.3.3 Проблема вологості повітря**

З багаторічної практики та результатів досліджень відомо, що найбільш приємно сприймається повітря, вологість якого, залежно від температури, знаходиться в інтервалі 30-70 %.

Відносно високе (але в перерахунку на абсолютні значення досить низьке) вміст води в повітрі за низької температури призводить до того, що в міру прогрівання холодного повітря відносна вологість зменшується приблизно до 20-25 %.

Це явище носить позитивний характер, оскільки запобігає запотіванню вікон. Звичайно, людина, що знаходиться в автомобілі, виділяє в повітря протягом 1 год 40-100 г води в результаті випаровування, дихання, висихання вологого одягу тощо, тому при опаленні салону повітря не стає занадто сухим.

Крім того, прийнятну вологість повітря можна отримати, змішуючи прогріте повітря з обігрівача з холодним свіжим повітрям. Вдалим розподілом потоків повітря вздовж вікон можна запобігти запотіванню скла і висушити їх.

І навпаки, при додатковому охолодженні повітря кондиціонером, через конденсацію води та додаткового підігріву автомобіля, відносна вологість сильно зменшується.

### **13.4 Найважливіші типи конструкцій систем опалення та вентиляції, кондиціонерів, керування ними**

В даний час існує велика кількість систем вентиляції та опалення автомобілів, що відрізняються компоновкою та конструкцією окремих вузлів. Найбільш економічною та широко застосовуваною на сучасних автомобілях системою опалення є система, що використовує теплоту водяного охолодження двигуна. Поєднання систем опалення та загальнообмінної

вентиляції кабіни дозволяє підвищити економічність всього комплексу пристроїв забезпечення мікроклімату в кабіні протягом року.

Нижче розглянуті типові системи опалення та вентиляції, кондиціонери, їх загальні властивості та схеми керування ними. Кожна система опалення та вентиляції складається з корпусу з повітропроводами та повіторозподільними каналами; теплообмінника з вентилятором; органів управління температурою, надходженням та розподілом повітря.

У кондиціонер крім перерахованих вище вузлів входить установка, що охолоджує повітря, яка складається з компресора, конденсатора та випарника. Основною проблемою для всіх систем є управління надходженням повітря та температурою, а також розподілом повітряного потоку.

#### **13.4.1 Основні елементи**

Системи опалення та вентиляції відрізняються в основному розташуванням повітрозабірника на зовнішній поверхні автомобіля, типом застосовуваного вентилятора та його розташуванням щодо радіатора обігрівача (на вході або на виході з радіатора), типом радіатора, що застосовується (трубчато-пластинчастий, трубчато-стрічковий, з інтенсифікованою поверхнею; матричний та ін.), методом управління роботою обігрівача, наявністю або відсутністю обвідного повітряного каналу, рециркуляційного каналу та ін.

Забір повітря зовні кабіни в обігрівач проводиться в місці мінімальної запиленості повітря та максимального динамічного тиску, що виникає під час руху автомобіля. У вантажних автомобілях повітрозабірник розміщують на даху кабіни. У повітрозабірнику встановлюють водовідбивні перегородки, жалюзі та кришки, що приводяться в дію зсередини кабіни.

Для забезпечення подачі повітря в кабіну та подолання аеродинамічного опору радіатора та повітроводів та користується вентилятор осьового, радіального, діаметрального діагонального або іншого типу. В даний час найбільшого поширення набув двоконсольний радіальний вентилятор, так як він має порівняно малі розміри при великій продуктивності.

Для приводу вентилятора використовують електродвигуни

постійного струму. Регулювання частоти обертання електродвигуна і відповідно робочого колеса вентилятора виробляють за допомогою дво- або триступінчастого змінного резистора, включеного в ланцюг живлення електродвигуна.

Вирішальну роль в ефективному рівномірному розподілі температур і швидкостей повітря у кабіні грає повіторозподільник. Насадки розподільника повітря виконують різної форми – прямокутної, круглої, овальної та ін.

Їх розміщують перед склом вітрового вікна, поблизу скла дверей, у центрі панелі приладів, біля ніг водія та інших місцях, визначених вимогами до розподілу припливних струменів у кабіні.

У насадках встановлюють різні заслінки, поворотні жалюзі, напрямні пластини та ін. Привод до заслінок та поворотних жалюзі найчастіше розташовують безпосередньо в корпусі насадки. Повітропроводи до розподільника повітря виготовляють з тонколистової сталі, гумових шлангів, гофрованих пластмасових труб та ін.

У деяких автомобілях як повітроводи використовують деталі кабіни, порожнину щитка приладів. Однак таке виконання повітроводів є нерациональним, тому що не забезпечується герметичність та збільшуються втрати теплоти.

Безпека руху автомобіля значною мірою залежить від надійного та ефективного захисту скла вітрового вікна від запотівання та обмерзання, що досягається рівномірним його обдуванням теплим повітрям та підігрівом до температури вище точки роси.

Такий захист скла конструктивно простий, не погіршує його оптичних властивостей, але потребує збільшення продуктивності системи вентиляції та високої теплоємності скла. Ефективність струминного захисту скла від запотівання визначається температурою та швидкістю повітря на виході з насадка, розташованого перед кромкою скла. Чим вища швидкість повітря на виході з насадка, тим менша температура в зоні скла відрізняється від температури на виході з насадка.

Автоматичне керування режимом роботи обігрівача деяких автомобілів здійснюється зміною витрати води або через радіатор обігрівача. При автоматичному регулюванні за рахунок зміни

витрати повітря паралельно радіатору виконують повітряний обвідний канал, в якому встановлюють заслінку з приводом від електродвигуна.

#### **13.4.2 Компонування систем**

Компонування систем вентиляції та опалення залежить від конструкцій автомобіля, кабіни, окремих вузлів у кабіні. Розглянемо дві різні компонування системи вентиляції та опалення в кабіні вантажного автомобіля.

Схема компонування системи вентиляції та опалення вантажного автомобіля з фреоновим кондиціонером. Двоконсольний радіальний вентилятор, теплообмінники (радіатор обігрівача, випарник кондиціонера та розподільник повітря) об'єднані в блок, який розміщений в панелі приладів.

Панель є несучою деталлю кабіни і має порожнину, що є повітроводом. У панелі приладів розміщені насадки обдування скла вітрового вікна, насадки обдування скла дверей та захисту від холодного зовнішнього повітря, що проникає через нещільність дверей.

У силовому відділенні встановлений компресор кондиціонера та конденсатор із ресивером, причому конденсатор розташований перед радіатором системи охолодження двигуна. Привод компресора здійснюється від двигуна автомобіля.

В іншій схемі системи вентиляції та опалення вантажного автомобіля в панелі приладів встановлений тільки радіатор обігрівача з вентилятором малої продуктивності та повітророзподільник системи опалення.

Двоконсольний радіальний вентилятор, випарник, конденсатор кондиціонера розміщені на даху кабіни та об'єднані в єдиний блок. У силовому відділенні автомобіля встановлено компресор кондиціонера із приводом від двигуна автомобіля.

Таке компонування систем вентиляції, опалення та кондиціювання в кабінах вантажних автомобілів є одним з найпоширеніших. Однак коли тепловий режим у кабіні підтримується системою вентиляції, а кондиціонер з обігрівачем вимкнено, не забезпечується ефективна вентиляція кабіни. Це пов'язано з тим, що під час роботи системи вентиляції не використовуються насадки повітророзподільника кондиціонера



та обігрівача, а повітря подається, наприклад, через центральні насадки. Таким чином, вентиляція кабіни здійснюється через насадки розподільника повітря або кондиціонера, або тільки обігрівача, при відповідному використанні вентилятора випарника або обігрівача.

Крім того, розміщення на даху кабіни додаткової маси (30-60 кг) підвищує центр ваги автомобіля та погіршує його стійкість на поворотах, а додатковий осьовий вентилятор конденсатора збільшує розміри та масу системи.

Характер перебігу повітряного потоку на вході в радіатор обігрівача помітно впливає на ефективність тепла віддачі від його поверхонь. При установці вентилятора на вхід в радіатор повітряний потік не омиває однаковою мірою весь переріз радіатора: одна частина обдувається зі швидкостями, що значно перевищують розрахункові, а інша – зі швидкостями менше розрахункових або зовсім не обдувається.

В умовах тепловіддачі від поверхонь радіатора виявляється нижче тієї, яка б мала бути при рівномірному розподілі швидкостей. Для кількісної оцінки нерівномірності поля швидкостей на вході радіатор використовують різні коефіцієнти.

Ефективність тепловіддачі від поверхонь радіатора нагрівника значно вища, якщо вентилятор встановлений на виході з радіатора. Таке компонування застосовується на багатьох сучасних автомобілях.

Така схема системи вентиляції та опалення має недоліки, пов'язані переважно з установкою осьового вентилятора. Напрямок осьового вентилятора повітряного потоку, що виходить з робочого колеса, мало відрізняється від осьового тільки при максимальній продуктивності (при відкритті нижньої кришки). При зниженні продуктивності потік відхиляється від осьового напрямку до радіального.

Оскільки на виході з вентилятора немає апарата, що спрямовує, створюються зони завихрень, що погіршують аеродинаміку вентилятора, і розподіл швидкостей потоку на виході з вентилятора стає дуже нерівномірним. Це призводить до нерівномірного розподілу витрат повітря по повітроводах і відповідно до насадок розподільника повітря.

Аналіз систем вентиляції та опалення кабін автомобілів

показує, що найбільш досконалі системи мають двоконсольні радіальні вентилятори з двостороннім всмоктуванням, які у поєднанні з високооборотними багатшвидкісними електродвигунами забезпечують компактність систем, підвищують їхню ефективність.

У системах використовується розподільник повітря, що включає насадки для обдування скла вітрового вікна, в центрі панелі приладів, бічні для обдування скла дверей, для подачі теплого повітря до ніг водія і пасажирів, на рульовому колесі. Для подачі теплого повітря до кистей рук тощо. Насадки органічно вписуються в інтер'єр кабіни і мають індивідуальні заслінки або поворотні жалюзі.

У найбільш ефективних системах радіатор розташований на вході у вентилятор та має розвинену фронтальну площу з відповідним зменшенням висоти теплообмінника, що збільшує тепловіддачу поверхонь радіатора.

Повітропроводи системи виконують як елементи блоку обігрівача з термоізоляційного матеріалу з плавними поворотами та малим числом заслін. Кількісне та якісне регулювання повітряного потоку на виході з розподільника повітря проводиться безпосередньо в насадках.

У блоці обігрівача виконується обвідний повітряний канал та канал рециркуляційного повітря. Автоматизація управління системою опалення та вентиляції значно спрощує підтримку оптимальних параметрів мікроклімату в кабіні. Необхідно відзначити, що управління роботою обігрівача може бути автоматизовано, якщо його теплопродуктивність достатня для підтримки комфортного мікроклімату за найнижчих температур зовнішнього повітря.

У разі недостатнього відведення теплоти від радіатора обігрівача при пуску двигуна, що пов'язано з включенням радіатор паралельно «малому колу» термостата з малим гідравлічним опором, нагнітальний трубопровід радіатора обігрівача встановлюють додатковий електронасос.

На деяких автомобілях після пуску двигуна, як «мале коло» використовують радіатор обігрівача. Для повного відключення радіатора в літній період від системи охолодження двигуна автомобіля паралельно встановлюють радіатору обвідний канал

трипозиційним краном і ручним управлінням. Причому опір каналу має бути на порядок менший за опір радіатора обігрівача, що дозволяє звести до мінімуму витрату води через радіатор. Додатково радіатор можна вимкнути краном із ручним або автоматичним керуванням.

### **13.4.3 Типи конструкцій систем опалення та вентиляції, управління ними**

В результаті приросту швидкісного напору та роботи вентилятора надходження повітря збільшується більшою мірою, ніж швидкість руху. Надходження повітря можна відносно просто регулювати за допомогою заслінки повітропритоку, яка завжди є (вона також потрібна для того, щоб запобігти проникненню токсичних газів, що відпрацювали при транспортному заторі).

Це можливо тільки в тому випадку, якщо керування заслінкою припливу повітря не залежить від інших регулювань, крім включення вентилятора. Для того, щоб влітку можна було забезпечити надходження великої кількості повітря в салон, додатково передбачають кришку повітроприпливу, керовану вручну. Шляхом відповідного проектування системи притоку повітря можна отримати подачу повітря, що наростає повільніше, ніж швидкість. З метою відокремлення великих частинок пилу та вологи у впускному каналі слід передбачати різкий розворот потоку повітря.

Регулювання температури повітря в салоні може здійснюватися трьома способами:

- регулювання кількості гарячої води, що надходить в радіатор обігрівача (водяне регулювання);
- змішуванням свіжого повітря з гарячим, що пройшло через теплообмінник (повітряне регулювання);
- комбінуванням обох способів (змішане регулювання).

Вентилятор має два-три режими роботи. Можливе поєднання роботи вентилятора з регулюванням кількості повітря, що надходить. У разі руху автомобіля з малою сірістю (міський рух) це особливо необхідно. За дуже спекотної погоди такий вентилятор забезпечує ефективну роботу системи вентиляції на всьому швидкісному діапазоні автомобіля.

У системах опалення та вентиляції можуть використовуватися осьові вентилятори, які мають невеликі габаритні розміри та відносно дешеві, а також радіальні вентилятори, що мають більш високі показники витрати, тобто кількість повітря, що надходить у салон, менше залежить від швидкісного тиску. Радіальні вентилятори працюють із меншим шумом, проте мають більші розміри.

Вентилятор встановлюють переважно в повітряному потоці перед теплообмінником таким чином, що влітку свіже повітря, що пройшло через теплообмінник, безпосередньо подається в салон. Усі типи регулювання мають свої особливості, переваги та недоліки.

При регулюванні кількістю гарячої води, що надходить теплообмінник (водяне регулювання), температура регулюється з допомогою спеціального крана, що змінює кількість води, що надходить теплообмінник.

Дуже важко отримати лінійну залежність між регульовальним ходом органів управління і температурою гарячого повітря, що виходить, так як для отримання невеликої продуктивності обігрівача через радіатор має пройти гранично мала кількість води.

Продуктивності системи опалення, що дорівнює 50 %, відповідають 2-3 % максимально можливого потоку води. Крім того, запірний клапан повинен мати герметичне ущільнення та легко відкриватися після тривалої перерви.

При регулюванні шляхом змішування холодного та гарячого повітря (повітряне регулювання) потрібні більші конструктивні витрати та більший простір для розміщення додаткових заслін та каналів. Рівномірне змішування холодного та гарячого повітря здійснити складно, тому можна примиритися з деяким розшаруванням потоків, тим, що холодне повітря піде вгору, як це відбувається в деяких системах.

Так як потік води в таких системах не регулюється, то в спеку він сильно залежить від герметичності заслінки, що управляє, тому хоча б для літньої експлуатації автомобіля слід передбачати можливість відключення гарячої води, щоб запобігти підігріву свіжого повітря.

Перевагами описуваного типу регулювання є швидка реакція

на регульовальні дії, незалежність від надходження повітря (швидкості руху), можливість точного регулювання температури, при цьому кран регулювання надходження води може бути відсутнім.

Управління різними повітряними заслінками, призначеними для надходження, змішування та розподілу повітря, складне та пов'язане зі значними конструктивними витратами. Управління має здійснюватися за допомогою механічних зв'язків, щоб уникнути помилок у механізмі управління. Це веде до ще більшого збільшення конструктивних витрат.

Вона відрізняється тим, що керування температурою здійснюється як регулюванням кількості гарячої води, що надходить в теплообмінник, так і змішуванням холодного і гарячого повітря. В результаті цього керування водяним краном стає менш важливим, можливості регулювання та реакція системи покращуються.

Управління водяним краном та змішувальною заслінкою можуть бути механічно пов'язані. Канал для надходження свіжого повітря у такий конструкції може бути невеликим, тому що частина повітря проходить через керований теплообмінник.

Тому для розміщення такої системи потрібно менше місця. Змішане регулювання має багато переваг, внаслідок чого саме його нині найчастіше використовують на автомобілях середнього класу.

#### **13.4.4 Органи управління**

Управління системою опалення та вентиляції (загалом досить складне) можна спростити, якщо органи управління оформити таким чином, щоб при досягненні максимальної функціональності виключалися умови для помилки. Органи управління системою опалення та вентиляції необхідно розташовувати поблизу:

- максимально можлива простота, тобто невелика кількість органів управління;
- логічні та чітко помітні символи призначення органів управління;
- легкість управління та хороша видимість положення органів управління;

- виключення можливості удару людини об органи управління (припис безпеки);
- вчинення однорідних та однаково спрямованих дій при користуванні органами управління.

Ці вимоги можуть бути виконані застосуванням комбінації з трьох важелів:

- перший важіль повинен служити для регулювання кількості повітря, що надходить і включення вентилятора;
- другий важіль повинен служити для регулювання температури;
- третій важіль повинен служити для розподілу повітряного потоку між зоною ніг та вітровим склом.

Пересувні важелі найкраще підходять для органів управління системою опалення та вентиляції (великий хід, великі зусилля, що передаються, і добре помітне положення).

Застосовуючи пластично деформовані ручки або закріплюючи їх таким чином, що вони утоплюються під дією ударного навантаження, можна достатньо захистити людину і дотриматися вимог безпеки.

### **13.5 Кондиціонування повітря в кузовах**

Пристрої для кондиціонування повітря (тобто не тільки для вентиляції та опалення, але й для охолодження та регулювання вологості повітря) застосовуються на міжміських автобусах та деяких автомобілях (вищого класу та спеціальних).

Система діє ефективно лише при повній ізоляції кузова від зовнішнього повітря та вимагає щільного закриття вікон та герметичності конструкції кузова.

На початку процесу кондиціонування повітря очищається від пилу у фільтрах або відцентрових очищувачах повітря, встановлених біля отворів що всмоктують.

У фільтрах частинки пилу осідають на краплях важкої в'язкої рідини. Так як фільтр може легко засмічитися і за ним потрібний ретельний догляд, то частіше використовують відцентровий очищувач повітря, в якому частинки пилу осаджуються в спеціальному збірнику. При подальшому русі повітря проходить повз охолоджувального або нагрівального радіатора і через

зволожуючу або осушуючу сітку. Для підвищення вологості повітря до нормальної, в потік його впорскуються дрібні водяні краплі (туман), а зниження його вологості частина водяної пари, що у повітрі, вбирається спеціальними пористими прокладками.

Після цього повітря нагнітається вентилятором у кузов, обходить його та виходить назовні через отвори для виходу.

Весь пристрій діє автоматично. Ступінь охолодження або підігріву регулюється термостатами, а ступінь вологості – гігроскопічним приладом. Водію достатньо лише натиснути одну або дві з кнопок з написами («Увімкнено», «Вимкнено», «Цикл охолодження», «Цикл підігріву»).

При підігріві в кузові підтримується кімнатна температура, при охолодженні – температура нижче зовнішньої на 7-12°.

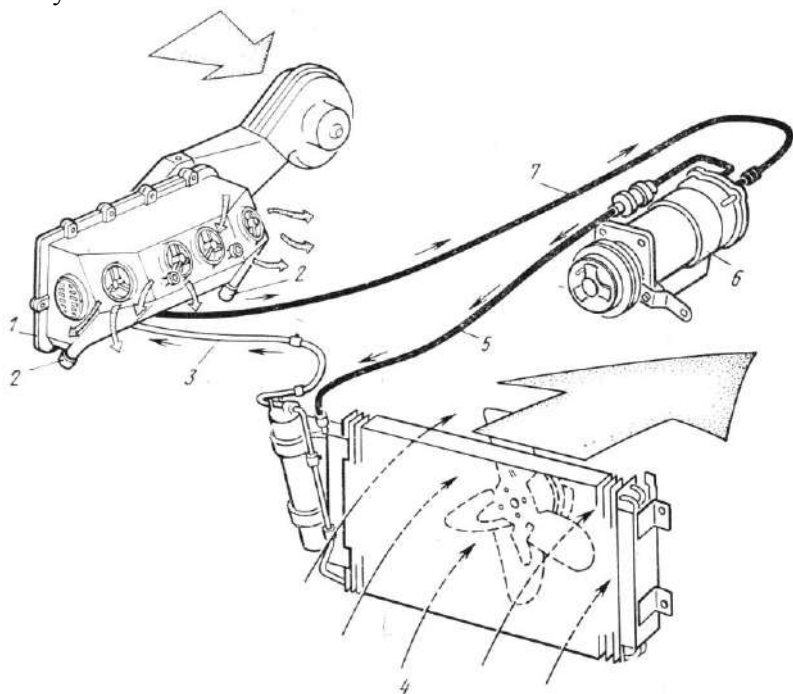
Охолодження повітря досягається за допомогою механічної холодильної установки, що складається з радіатора, компресора та конденсатора. Зріджений газ (аміак, пропан або фреон), проходячи через змішувик радіатора, випаровується та забирає від повітря частину тепла; потім пари потрапляють у компресор, а потім у конденсатор, де знову перетворюються на рідину.

У деяких системах компресор приводиться в дію від двигуна автомобіля або електродвигуна, що живиться акумуляторною батареєю. В інших системах пристрій для кондиціонування повітря зроблено абсолютно незалежним від силової установки автомобіля з самостійним приводом від особливого бензинового двигуна. Внаслідок цього виключаються перевантаження двигуна автомобіля та акумуляторної батареї, а також стає можливим кондиціонування повітря при непрацюючому двигуні.

Продуктивність установок 15-20 м<sup>3</sup>/хв повітря, причому до 75 % повітря надходить із кузова, проходячи через фільтр, а решта надходить зовні. Недоліками установки для кондиціонування повітря є її велика вага та складність.

Кондиціонер, крім певної температури та руху повітря, забезпечує необхідну вологість. Основною умовою ефективності кондиціонування є герметичність кузова. Небагато кузовів відповідають необхідним критеріям герметичності. Кондиціонер складається з зволожувача з зрівняльним клапаном, конденсатора з резервуаром для рідини та зневоднюючим фільтром та компресора з магнітною муфтою. У зонах із помірним кліматом

кондиціонер не окупається. Однак у південних районах він відіграє важливу роль у кузовах легкових автомобілів та автобусів.



- 1 – випарник з вентилятором і повітророзподільним пристроєм;  
 2 – трубка для випуску конденсату; 3 – рідина; 4 – конденсатор, розташований перед радіатором; 5 – нагрітий газ, що знаходиться під високим тиском, 6 – осьовий компресор;  
 7 – охолоджений газ, що знаходиться під низьким тиском

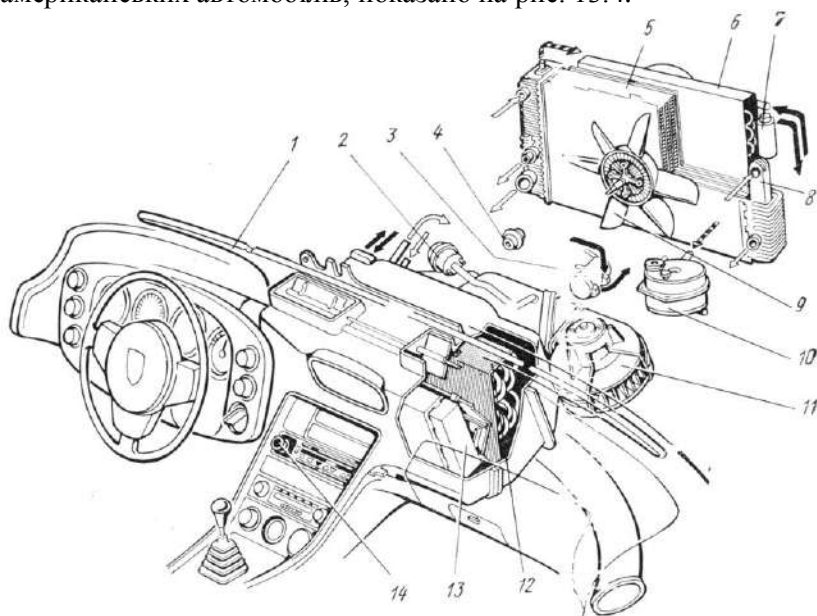
Рисунок 13.3 – Кондиціонер фірми GM-Harrison, США

Шляхом установки випарника перед радіатором обігрівача (теплообмінником), компресора на двигун, конденсатора перед радіатором автомобіля можна перетворити систему опалення та вентиляції на кондиціонерну установку (передбачається, що місце, необхідне для розміщення випарника, заздалегідь передбачено). Таке виконання раціонально лише у тому випадку, коли кондиціонерну установку передбачають для більшої



частини автомобілів цього типу. Конструктивно простіше і економічніше (без подорожчання серійного оснащення), якщо кондиціонер, що пропонується споживачеві як додаткове обладнання, встановлюється в автомобіль у вигляді окремого навісного агрегату. Такі додаткові пристрої часто використовують у США (рис. 13.3).

Зазвичай установка кондиціонера доцільна при задоволенні підвищених вимог, що висуваються до комфорту, і при подорожах до спекотних країн. Приклад вбудованої кондиціонерної установки, що застосовується в мільйонах американських автомобілів, показано на рис. 13.4.



- 1 – повітроводи для обігріву вітрового скла,
- 2 – вакуумний підсилювач, 3 – компресор, 4 – термостат,
- 5 – радіатор, 6 – конденсатор, 7 – бачок, 8 – масляний радіатор,
- 9 – вентилятор, 10 – розширювальний бачок, 11 – вентилятор системи опалення, 12 – випарник, 13 – радіатор обігрівача,
- 14 – програмний вимикач кондиціонерної установки

Рисунок 13.4 – Комбінована система опалення, вентиляції та вбудованого кондиціонера заводу – виробника радіаторів «Бер» (Behr), м. Штутгарт

### 13.5.1 Вимоги до кондиціонера

Вимоги до кондиціонера необхідно підвищити температуру повітря в салоні за умов зимової експлуатації. Необхідну для цього теплову енергію найкраще отримувати від системи охолодження двигуна.

Система опалення от отработавших газів, що застосовується на автомобілях з двигунами з повітряним охолодженням, внаслідок властивих їй недоліків (сильної залежності від потужності двигуна, малої теплоємності, підвищеного шуму в порівнянні з рідинною системою опалення), що реалізується, нами не розглядається.

Під час проектування системи опалення слід враховувати, що під час провітрювання, тобто викиду нагрітого повітря через передбачені для цього отвори і щілини, що є в ущільненнях, відбувається втрата теплоти. Це значно зменшує ККД системи опалення. ККД залежить від багатьох параметрів, частина з яких визначена нижче.

Втрата теплоти залежить від різниці температур повітря в салоні та зовні автомобіля, яка у свою чергу залежить від кількості повітря, що надходить у салон, отже, від швидкості руху, а також від якості термоізоляції салону (дах, двері, боковини). Тому узагальнені формули навести неможливо.

При розрахунку системи опалення слід враховувати лише 60 % максимального надходження повітря в умовах літньої експлуатації (всі отвори для надходження повітря відкриті). Точніші дані про необхідну кількість теплоти можуть бути отримані лише за допомогою вимірювань (при випробуванні автомобіля). Як орієнтовне значення продуктивності системи опалення автомобіля середнього розміру пропонують приймати 3 400-4 600 ккал/год.

Ефективність системи опалення можна різко збільшити шляхом підвищення температури повітря, що надходить з обігрівача, а також температури охолоджуючої рідини двигуна за допомогою термостатів, відрегульованих на вищу температуру води («зимовий» термостат), крім того, за допомогою передбачення нелінійного регулювання кількості повітря, що надходить, що дозволяє компенсувати збільшення швидкісного

тиску повітря зі зростанням швидкості автомобіля.

Особливо важливим з точки зору споживчої цінності системи опалення є час прогріву холодного салону, причому прогріватися має не тільки повітря в салоні, але й кузов разом із склінням (відповідно, повинно усуватися зледеніння скла), для чого потрібна велика кількість теплоти.

У процесі розморожування вікон скла повинні стати прозорими, причому спочатку має розтанути вітрове скло, а потім бічні. Зважаючи на те, що швидкість відтавання вікон важлива для безпеки руху, в США введено випробування автомобілів на відповідність федеральному стандарту, згідно з якою на вітровому склі, що розморожується, протягом заданого часу повинні бути отримані певні прозорі зони: це стосується і бічного скла.

Швидкість прогріву повітря в салоні залежить від того, як швидко прогрівається контур системи опалення (охолоджувальна рідина двигуна) до робочої температури (80-85°C), а це залежить від потужності двигуна.

Шляхом регулювання термостату та додаткового підігріву води в системі опалення за допомогою відпрацьованих газів період прогріву може суттєво зменшитися. Автомобіль середнього класу зазвичай прогрівається за 12-15 хв при включеній третій або четвертій передачі (швидкість автомобіля 40-60 км/год).

Значно зменшити час прогрівання салону можна за допомогою додаткового бензинового підігрівача, що вмикається вручну або автоматично за допомогою реле часу.

Такий підігрівач можна використовувати лише для підігріву повітря у салоні автомобіля. Якщо підігрівач включити в контур системи охолодження двигуна, його можна застосовувати і для передпускового прогріву.

## 14 ОБЕЗПИЛЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ПОВІТРЯ КАБІН

Найпоширенішим способом очищення вентиляційного повітря від пилу в кабінах є його фільтрація у фільтрах з картону, синтетичних волокнистих матеріалів, модифікованого пінополіуретану та ін.

Однак для ефективного використання таких фільтрів пилу на вході у фільтр. Для цього на вході у фільтр встановлюють пиловідділювачі інерційного типу з безперервним видаленням уловленого пилу для попереднього очищення повітря.

Основні принципи знепилення вентиляційного повітря засновані на використанні одного або декількох механізмів осадження частинок пилу з повітря: інерційний ефект відділення та ефекти зачеплення та осадження. Інерційне осадження здійснюється при криволінійному русі запиленого повітря під дією відцентрових та коріолісових сил.

На поверхню осадження відкидаються такі частинки, у яких маса або швидкість значні і вони не можуть прямувати разом з повітрям по лінії струму, що перешкоджає.

Інерційне осадження проявляється і тоді, коли перешкодами є елементи заповнення фільтрів із волокнистих матеріалів, торці плоских листів інерційних жалюзійних ґрат тощо.

Ефект зачеплення (дотику) спостерігається, коли відстань від частинки, що рухається з повітрям, до тіла, що обтікається, дорівнює або менше її радіусу. При захопленні частинки в момент торкання важливе значення має розмір частинки, а також співвідношення розмірів частинки та тіла, що обтікається.

Ефект зачеплення стає значним при осадженні частинок на сферах із малим діаметром. Осадження відбувається під дією відцентрових сил, що розвиваються при обертанні повітряного потоку разом із робочим колесом, наприклад, радіального вентилятора.

Швидкість осадження частинок прямо пропорційна квадрату діаметра частинок та швидкості обертання повітряного потоку навколо нерухомої осі.

## 14.1 Волокнисті фільтри

Під час руху запиленого повітря через пористу перегородку частинки, зважені в повітрі, затримуються на ній, а повітря повністю проходить через неї.

Дослідження процесу фільтрації спрямовані на встановлення залежності ефективності пиловловлення та аеродинамічного опору від структурних характеристик пористих перегородок, властивостей пилу та режиму перебігу повітря.

Процес фільтрації у волокнистих фільтрах відбувається у дві стадії. На першій стадії частинки осідають у чистому фільтрі без структурних змін пористої перегородки. При цьому зміни пилового шару за товщиною та складом малі і ними можна знехтувати. На другій стадії відбуваються безперервні структурні зміни пилового шару та подальше осадження частинок у значній кількості.

При цьому змінюється ефективність пиловловлення фільтра та його аеродинамічний опір, що ускладнює розрахунок процесу фільтрації. Друга стадія найскладніша і мало вивчена, але за умов експлуатації визначає ефективність роботи фільтра, оскільки перша стадія дуже короткочасна.

Розрахункові залежності фільтрації повітря розроблені в основному стосовно волокнистих матеріалів з більш менш упорядкованим розташуванням волокон. Для більшості фільтруючих матеріалів, отримані залежності застосовні тільки при введенні емпіричних коефіцієнтів.

При розрахунку ефективності пиловловлення пористого шару, наприклад, з волокон виходять з ефективності захоплення частинок одиницею довжини волокна в шарі в результаті спільної дії всіх механізмів пиловловлення.

Спочатку розглядають аеродинаміку обтікання ізольованого волокна і, вирішуючи рівняння рухів частинок по лініях струму, розраховують ефективність його пиловловлення механізмами зачеплення та інерції.

У реальному фільтрі поле швидкостей навколо волокна внаслідок взаємного впливу сусідніх волокон відрізняється від поля швидкостей навколо окремого волокна. Тому вводять різні емпіричні поправки, що враховують розмір волокон, щільність

упаковки фільтра та ін. Механізм осадження частинок у волокнистому фільтрі значною мірою визначається розміром і щільністю частинок, товщиною фільтрів. Для частинок розміром менше 0,3 мкм переважає дифузійне осадження, для більших частинок – ефекти зачеплення та інерції.

Проскок частинок діаметром 0,65 мкм через фільтр з волокнами діаметром 1 мкм у 2000 разів менше, ніж проскок частинок через фільтр з волокнами діаметром 50 мкм за інших рівних умов.

Ефективність осадження істотно зростає зі збільшенням густини волокон у фільтрі. Наведені вище розрахункові залежності осадження частинок застосовуються тільки до волокнистих матеріалів з упорядкованим розташуванням волокон.

При експлуатації фільтра ефективність пиловловлення спочатку зростає у зв'язку з розвитком поверхні фільтра за рахунок осаджених частинок. Експериментально встановлено, що найбільш ефективне пиловловлення відбувається в перших по ходу руху повітря шарах фільтра, в яких накопичується найбільша кількість уловленого пилу. При подальшій експлуатації фільтра ефективність залишається постійною.

У цей період частки пилу осідають по всій глибині фільтра. Потім ефективність фільтра починає зменшуватися, причому інтенсивно. Цей період відповідає насичення перших по ходу повітря шарів фільтра настільки, що під ударами нових частинок пилу при збільшеному перепаді тисків осілі частинки зриваються, захоплюються потоком і виносяться за межі фільтра. У міру забруднення фільтра змінюється його аеродинамічний опір.

Для розрахунку аеродинамічного опору волокнистих фільтрів є багато формул. Однак на практиці внаслідок неоднорідності упаковки наявності великих пір розрахунковий аеродинамічний опір виявляється більшим за вимірний.

Аеродинамічний опір визначає важливий параметр фільтра – пилоємність. Пилоємність оцінюється масою пилу, що відкладалася у фільтрі зі збільшенням його опору до певної величини.

Пилоємність залежить в основному від розмірів частинок пилу. Великі частинки менше впливають на зростання опору фільтра, ніж дрібні, які в основному осідають на початковій

ділянці фільтра, викликають швидке зростання опору фільтра та знижую його пиломісткість.

З усього різноманіття фільтруючих матеріалів, що застосовуються у фільтрах системи знепилювання вентиляційного повітря кабін автомобілів, можна виділити три групи: тканинні природні, синтетичні та мінеральні волокна; неткані повсть, папір, картон, голкопробивні матеріали та ін; стільникові – пінополіуретан, губчаста гума, тощо.

. Істотним недоліком фільтрів з будь-якого фільтруючого матеріалу є необхідність заміни або обслуговування з метою регенерації (відновлення) фільтруючого матеріалу.

Часткова регенерація фільтра може бути проведена безпосередньо в системі вентиляції зворотним продуванням фільтруючого матеріалу очищеним повітрям з кабіни автомобіля, або струменевим локальним продуванням повітрям від компресора, з попереднім очищенням стисненого повітря від пар води та масла.

#### **14.2 Фільтри з нетканих та тканинних фільтруючих матеріалів**

Для виготовлення фільтрів використовуються матеріали природного та штучного походження. До матеріалів природного походження відноситься бавовна, шерсть. Вони мають низьку термостійкість, високу вологоємність. Загальним недоліком всіх фільтруючих матеріалів природного походження є схильність до гнильних процесів і негативної дії вологи.

До синтетичних та мінеральних матеріалів відносяться нітрон, що має високу стійкість до впливу температур, кислот та лугів; хлоран, що має низьку термостійкість, але високу хімічну стійкість; капрон, що характеризується високою стійкістю до стирання; оксалон, що має високу термостійкість; скловолокно та азбест, що відрізняються високою термостійкістю та ін.

Високі показники пиловловлюючих, міцнісних та регенераційних параметрів має фільтруючий матеріал з лавсану. Міцність лавсану в 4-5 разів більша за міцність матеріалу з вовни; лавсан еластичний, стійкий до стирання, злипання та вигину. Тканина з лавсану не пліснявіє і стійка до дії світла.

Тканина з лавсану може застосовуватись у фільтрах з будь-

яким методом регенерації. Однак лавсанове волокно дуже чутливе до різких коливань вологості повітря. Широке застосування у фільтрах з імпульсним продуванням повітря при регенерації фільтра отримали неткані голкопробивні лавсанові фільтруючі матеріали.

Ці матеріали отримують ущільненням волокон з подальшим прошивкою або голкопроколювання. Недоліком таких матеріалів, що фільтрують, є деякий проскок частинок пилу через канали, утворені голками.

Фільтруючий матеріал характеризується ефективністю пиловловлення, тривалістю роботи без регенерації, що визначається показником пиломісткості ( $\text{мг}/\text{м}^2$ ), і допустимим повітряним навантаженням (швидкістю фільтрації).

Фільтруючий матеріал вважається якісним, якщо він має повітряне навантаження не менше  $150 \text{ дм}^3$  обсягу повітря на  $1 \text{ м}^2$  площі матеріалу в 1 з часу при аеродинамічному опорі 50 Па.

Повітряне навантаження залежить від виду фільтрувальної тканини, дисперсності пилу, матеріалу пилу, способу регенерації фільтра та ін. При використанні нетканої голкопробивної тканини повітряне навантаження може бути збільшена на 5-10 % розрахункової.

Конструкція фільтрів із тканих або нетканих фільтруючих матеріалів для систем вентиляції кабін автомобілів повинна мати максимальну поверхню фільтрації за мінімальних розмірів та аеродинамічного опору. Встановлення фільтра в кабіні та його зміна має бути зручною та забезпечує надійну герметичність по периметру фільтра.

Нетканий паперовий фільтруючий матеріал, широко використовується в системах повітроочищення двигунів автомобілів. Паперові фільтри мають невелику вартість і завдяки гофрованій поверхні створюють велику площу фільтрації.

Глибина гофр обмежується лише конструкцією фільтра. Повітряне навантаження паперових фільтрів досить високе і становить до  $200 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

Як фільтруючий матеріал у паперових фільтрах використовується високопористий картон ВПК та ПКВ, армований довговолокнутистим бавовняним папером – мікалентою – і виготовляється відповідно зі 100%-ної мерсеризованої



целюлози та мерсеризованої целюлози з додаванням волокна «винол».

### **14.3 Фільтри з пористих фільтруючих матеріалів**

В даний час знаходять застосування фільтри з пінополіуретану (ППУ). Товарний пінополіуретан не може бути використаний для повітряних фільтрів, так як його пори розділені тонкими пружними перегородками і відносно закритими. Для можливості використання ППУ в повітряних фільтрах його необхідно обробити, видаливши перегородки та забезпечивши тим самим повітропроникність.

ППУ обробляють 15-20 %-ним розчином їдкого натрію при температурі  $+50^{\circ}\text{C}$  наступною прокаткою котками, нейтралізують 1%-ним розчином оцтової кислоти і промивають теплою проточною водою.

Повітропроникність отриманого ППУ дуже висока і становить  $1700-1800 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  при аеродинамічному опорі 50 Па та товщині фільтра 20 мм. Ефективність пиловловлення ППУ становить всього 0,7-0,8. Змочування маслом або іншою рідиною підвищує ефективність ППУ, але при цьому регенерація його повітрям чи водою стає практично неможливою.

В даний час для повітряних фільтрів розроблено відкритопористий пінополіуретан ППУ-ЕФ. Пінополіуретан ППУ-ЕФ-1, ППУ-ЕФ-2, ППУ-ЕФ-3 випускають у вигляді листів будь-якої товщини. ППУ-ЕФ-2 товщиною 8 мм має ефективність пиловловлення до 26 % і його можна багаторазово використовувати при температурі повітря від  $-40$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ , промиваючи періодично в теплій воді. Він може бути першим щаблем очищення повітря. Необхідно відзначити, що еластичні пінополіуретани мають високі термо- та звукоізоляційні властивості.

Високу ефективність пиловловлення можна отримати при застосуванні спіненого пінополіуретану. Спінений ППУ виходить в результаті хімічної реакції взаємодії суміші простих поліефірів і води з поліізоціанатом у присутності каталізатора та агентів, що спінують. Затвердіння ППУ можна проводити за нормальної температури у формах, виконаних за розмірами фільтра. Час наповнення форми 3-10 с.

## **14.4 Інерційні жалюзі-пилоуловлювачі та вентилятори- пилоуловлювачі**

### **14.4.1 Інерційні жалюзі-пилоуловлювачі**

Як уже зазначалося, інерційні пиловловлювачі встановлюються як перший етап очищення. Найбільш простим у конструктивному відношенні є інерційний жалюзійний пиловідділювач.

Основним елементом жалюзійного пиловідділювача є грати з пластин, що розташовуються під кутом до напрямку потоку повітря. Грати встановлюють так, щоб потік повітря розбивався на тонкі струмки. При повороті струмків, великі частинки пилу під дією сил інерції, або удару пластини відкидаються в порожнину пилозбірника. Частинки невеликих розмірів та менш пружні захоплюються очищеним потоком повітря.

На ефективність жалюзійного пиловідділювача, великий вплив надають швидкість запиленого повітря перед пластинами, розмір і щільність матеріалу частинок, конструкція ґрат і пилозбірника, кількість і напрямок відсмоктування пилу з пилозбірника. Ефективність пиловловлення жалюзійного пиловідділювача не перевищує 80 % при швидкості запиленого повітря в повітряозабірнику до 20 м/с та витраті повітря на викид пилу не менше 9-10 % загальної витрати.

Подальше збільшення швидкості повітря в повітряозабірнику пиловідділювача призводить до значного збільшення аеродинамічного опору при малому зростанні ефективності пиловловлення.

Ефективність жалюзійного пиловідділювача знижується при утворенні великих агломератів пилу, не здатних пружно рикошетувати в пилозбірник і очищеним потоком. Утворенню агломерату сприяє висока вологість повітря або велика адгезія пилу. Тому доцільно виключити влучення частинок пилу на поверхню пластин.

### **14.4.2 Радіальні вентилятори – пилоуловлювачі**

У радіальних вентиляторах – пиловідділювачах, уловлювання пилу відбувається при проходженні запиленого потоку через спіральний корпус. Відомий цілий ряд конструкцій

вентиляторів – пиловідділювачів з уловлюванням пилу у спіральному корпусі.

Вентилятор – пиловідділювач такого типу призначений для грубої очистки повітря від пилу із середнім розміром частинок понад 15 мкм. Ефективність його не перевищує 75 % на кварцовому пилу з розміром частинок-20 мкм.

Значно більший інтерес представляють вентилятори – пиловідділювачі, у яких використовуються інерційні сили у міжлопаткових каналах робочого колеса. При обертанні робочого колеса радіального вентилятора повітря, що у просторі між лопатками, закручується і під дією відцентрових сил нагнітається в спіральний корпус.

При закручуванні повітря в міжлопаткових каналах результуюча швидкість потоку буде складатися з переносної швидкості, що дорівнює окружній швидкості робочого колеса, та відносної швидкості руху повітря в каналах колеса. Якщо в повітрі, що переміщається таким чином, містяться частинки пилу, то вони будуть залучатися в цей рух.

Прямолінійний рух частинок на вході в колесо порушуватиметься аеродинамічною силою, прикладеною до частинок на вході в міжлопаткові канали від потоку повітря, що обертається. Так як сили інерції частинок набагато більше сил інерції елементарних обсягів повітря, частота обертання частинок пилу дещо менша за частоту обертання елементарних обсягів повітря.

Відставання частинок пилу від потоку повітря призведе до того, що вони будуть відхилятися до поверхні лопаток колеса, що набігає, осідати і ковзати по ній до периферії.

Ефективність відділення частинки пилу визначається їх найменшим розміром, при якому частинки встигають досягти поверхні лопатки за найнесприятливіших умов руху потоку в міжлопаткових каналах.

На процес відділення частинок впливає кут установки лопаток, їх число, частота обертання робочого колеса, профіль поверхні заднього диска колеса та інші фактори.

Для вентиляторів із частотою обертання до 3000 об/хв ефективність відділення частинок визначається переважно дією коріолісової сили. Причому відділення часток краще за круто

загнутих вперед лопатках робочого колеса. При лопатках, загнутих назад, напрямки дії коріюлісової та відцентрової сил не збігаються і частинки притискаються до відстаючої поверхні лопаток, що знижує ефективність їхнього відділення.

При частоті обертання робочого колеса більше 3000 об/хв дію відцентрової сили стає переважним, і найбільша ефективність відділення часток може бути забезпечена при загнутих назад лопатках.

Для того щоб пил, що відділився на поверхню лопаток робочого колеса, знову не потрапляв у потік повітря, що виходить з робочого колеса в спіральний корпус, застосовується спеціальна конструкція радіального вентилятора – пиловідділювача, що встановлюється, наприклад, на даху кабіни.

Слід зазначити ще одну конструкцію вентилятора – пиловідділювача, у якому відділення пилу, створюють поверхні лопаток робочого колеса. Це вентилятори – пиловідділювачі із закріпленими пиловідвідними жолобками У-подібної форми на кінцях лопаток робочого колеса.

Виходи з жолобків з'єднані зі спіральним корпусом вентилятора, в якому виконана порожнина для уловлювання пилу, обложеного на лопатки. При обертанні робочого колеса частинки пилу осідають на стороні лопаток, що набігає, ковзають по ній і потрапляють на пиловідвідні жолобки.

Звідси через щілину між дисками колеса та спіральним корпусом пил видаляється з робочого колеса в пилозбірну камеру. Ефективність такого вентилятора – пиловідділювача невисока і становить 65-70 % на середньодисперсному пилу.

Практика експлуатації радіальних вентиляторів у системах вентиляції кабін автомобілів показує, що системи можуть бути компактними та високоефективними, якщо в них застосовуються двоконсольні радіальні вентилятори з частотою обертання 4500-5000 об/хв. Збільшення частоти обертання робочих коліс вентиляторів – пиловідділювачів інтенсифікує всі процеси, що відбуваються в міжлопаткових каналах робочого колеса та спірального корпусу.

У міжлопаткових каналах дія відцентрової сили, що відокремлює пил, стає переважаною. Але при цьому в складному профілі міжлопаткового каналу підвищується

інтенсивність вихороутворень, турбулентних пульсацій, відриву потоку, які порушують процес відокремлення пилу, знижують ефективність пиловиділення та збільшують внутрішні аеродинамічні втрати.

#### **14.4.3 Ротаційні пилоуловлювачі**

Ротаційні пиловідділювачі поєднують функції вентилятора великої продуктивності та ефективного пиловловлювача.

Видалення пилу з пилоотделителя відбувається безперервно. У процесі експлуатації характеристика ротаційного пиловідділювача залишається постійною, на його роботу не впливає зміна концентрації пилу, вологості, температури та рухливості зовнішнього повітря, вібрація.

Ротаційні пиловідділювачі ефективно відокремлюють пил, що містить двооксид кремнію, який найбільш небезпечний для людини. Ефективність пиловловлення ротаційних пиловідділювачів досягає 90-92%, продуктивність по очищеному повітрі становить до 450 м<sup>3</sup>/год і номінальна потужність не перевищує 90 Вт.

Принциповою відмінністю ротаційних пиловідділювачів від вентиляторів-пиловідділювачів, є наявність у перших спеціального ротора з каналами, якими рухається запилене повітря. Пил осідає на стінки каналів під дією сил інерції. Одночасно із відділенням пилу відбувається переміщення повітря у каналах ротора.

Залежно від розташування каналів у роторі та напрямки руху повітря щодо каналів розрізняють протипотокові ротаційні пиловиділювачі та осьові. У протипотокових пиловідділювачах канали можуть розташовуватися як перпендикулярно, так і паралельно осі обертання ротора.

Повітря канали входить тільки перпендикулярно до осі обертання, а пил видаляється в протилежному напрямку. В осьових пиловідділювачах канали розташовані паралельно осі обертання, так рухається і повітря, а видалення пилу відбувається перпендикулярно або під кутом до осі обертання. Нині ці пиловідділювачі досліджені найповніше.

У пиловідділювачах з комбінованим ротором, наприклад конусним, повітря рухається під кутом осі обертання, а

видалення пилу відбувається перпендикулярно або під кутом осі обертання.

Ефективні ротаційні пиловідділювачі мають ряд переваг перед фільтрами:

- мають вибіркову здатність до пилу, в них повніше видаляються частинки з неорганічних матеріалів великої щільності; видаляють пил безперервно без накопичення їх у пиловідділювачі; мають постійну характеристику при будь-якій запиленості повітря, температурі і вологості зовнішнього повітря;
- мають менші масу, розміри і витрачають менше енергії ніж установка фільтра з вентилятором, при однаковій з фільтром ефективності пиловловлення;
- характеризуються меншими витратами на технічне обслуговування та забезпечують більш високу надійність роботи системи знепилювання повітря.

## **15 ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЗОВІВ**

### **15.1 Причини зношування кузовів**

Кузов несе навантаження від власної ваги, ваги вантажу та пасажирів. У процесі експлуатації елементи та вузли кузова зазнають також динамічних навантажень, що виникають при торканні автомобіля з місця, під час руху автомобіля по нерівній дорозі, при прискоренні та гальмуванні.

Зносу кузова і його вузлів сприяють також значні напруги, які виникають в результаті коливання кузова не тільки при русі його по нерівному шляху і можливих поштовхів і ударів при наїзді на ці нерівності, але і внаслідок роботи двигуна і похибок в балансуванні вузлів шасі автомобіля, що обертаються. особливості карданних валів), а також в результаті усунення центру тяжіння в поздовжньому або поперечному напрямку.

Навантаження та зусилля можуть бути сприйняті кузовом повністю, якщо автомобіль не має рами шасі або частково при установці кузова на раму.

Дослідження показали, що змінні за величиною напруги діють на елементи кузова у процесі експлуатації автомобіля. Ці напруги викликають накопичення втоми і призводять до втомних руйнувань. Втомні руйнування починаються в районі накопичення напруг. Такими концентраторами напруги можуть бути отвори, різкі переходи від однієї поверхні до іншої, місцеві дефекти (непровар, шлакові включення і т.п.), корозійні пошкодження.

Так, залежно від числа кріплення та їх розташування на корпус кабіни діють сили, що викликають вигин від статичного та динамічного симетричного вертикального навантаження (вага пасажирів, обладнання), кручення від розгойдування маси кабіни в сторони та від перекосів рами в дорожніх умовах, вібрації від коливання підвіски (коливання з частотою 400-600 за хвилину), що передаються через кріплення до рами та від підвіски.

Ці знакозмінні навантаження позначаються найбільше в місцях недостатньо міцного кріплення сидінь, у наважок дверей та ін. Великі деформації в цих місцях, навіть при невеликих

змінах напруги, призводять до втомної поломки або до залишкових деформацій.

В результаті напруги і навантажень, що випробовуються кузовом в процесі експлуатації, поступово погіршуються його технічні параметри, збільшується знос, виникають несправності в кузові і його механізмах і з'являються різні пошкодження, викликані різними причинами.

У кузовах автомобілів, що надійшли в капітальний ремонт, зустрічаються дві основні групи несправностей:

1) несправності, що з'являються внаслідок наростання змін кузова. До них відносяться природне зношування, що виникає в процесі нормальної технічної експлуатації автомобіля, внаслідок постійного або періодичного впливу на кузов таких факторів, як корозія, тертя, загнивання дерев'яних деталей, пружні та пластичні деформації, зміна фізико-механічних властивостей в результаті старіння матеріалів та ін.;

2) несправності, поява яких пов'язана з дією людини та є наслідком конструктивних недоробок, заводських недоробок, порушення норм догляду за кузовом та правил технічної експлуатації (у тому числі і аварійні), неякісного ремонту кузова.

Крім нормального фізичного зносу при експлуатації автомобіля у важких умовах або внаслідок порушення норм догляду та профілактики може виникнути прискорене зношування, а також руйнування окремих частин кузова.

Таким чином, залежно від причини виникнення несправності діляться на експлуатаційні, конструктивні, технологічні та виникаючі через неправильне зберігання та догляд за кузовом.

Найбільш поширеними пошкодженнями, що зустрічаються в кузові, є корозія, тріщини, вм'ятини, випучини, руйнування зварних з'єднань, прогини та перекоси, пробоїни та розриви в металевих панелях кузова та оперення.

Корозія, як відомо, призводить до руйнування металу внаслідок хімічного чи електрохімічного впливу зовнішнього середовища. Хімічна корозія відбувається у сухих газах та в електролітах (нафта та її похідні), а електрохімічна – у електролітах, у тому числі й воді.

Атмосферна корозія також відноситься до електрохімічної, так як у повітрі міститься волога, яка, конденсуючись на металі



разом з розчиненими в ній речовинами, утворює електроліт.

У металевих деталях кузова частіше зустрічається електрохімічна корозія, яка з'являється в результаті прямого попадання вологи на незахищені металеві поверхні кузова, так і в результаті утворення конденсату в його міжобшивочному просторі (між внутрішніми і зовнішніми панелями дверей, бортів, даху та ін.).

Особливо сильно розвивається електрохімічна корозія в невеликих зазорах, а також у відбортках і загинах кромek, де періодично волога, що потрапляє в них, може зберігатися тривалий час.

На швидкість корозії великий вплив робить склад атмосфери, її забрудненість різними домішками (викидами промислових підприємств, такими, наприклад, як двоокис сірки, що утворюється в результаті спалювання палива; хлористий амоній, що потрапляє в атмосферу внаслідок випаровування морів та океанів; тверді частки у вигляді пилу; температура навколишнього середовища та ін.).

Тверді частинки, що містяться в атмосфері або потрапляють на поверхню кузова з полотна дороги, викликають абразивне зношування металевої поверхні кузова. З підвищенням температури швидкість корозії зростає (особливо за наявності в атмосфері агресивних домішок та вмісту вологи).

Корозія, спричинена присутністю  $H_2S$  у водному розчині, має електрохімічний характер. Між сульфідами та залізом утворюються гальванічні пари. Сірководень прискорює дифузії протонів у сталі і збільшує їхню концентрацію на поверхні металу. З іншого боку, він сприяє виникненню міжкристалітної корозії.

Корозійні руйнування в кузові зустрічаються також в результаті контакту сталевих деталей з деталями, виготовленими з деяких інших матеріалів (дюралюмінію, каучуків, що містять сірчисті з'єднання, пластмасовими на основі фенольних смол та ін.), а також в результаті контакту металу з деталями, виготовленими з дуже вологого пиломатеріалу, що містить помітну кількість органічних кислот (мурашину та ін.).

Зазначені кислоти особливо часто містяться у деревині з листяних порід.

До появи корозії на поверхні деталей кузова призводить також контактне тертя, що має місце при вібрації або незначних поворотних переміщеннях відносно один одного пов'язаних поверхонь металевих деталей кузова в процесі експлуатації автомобіля (місце прилягання дверей до кузова, крил, кришок люків та ін.).

Залежно від умов роботи, що сприяють виникненню корозії, деталі та вузли кузова можуть бути підрозділені на відкриті поверхні, звернені до полотна дороги (низ підлоги, крила, арки колеса, пороги дверей, низ облицювання радіатора), на поверхні, що знаходяться в межах об'єму кузова (каркас, багажник, верх підлоги) і на поверхні, що утворюють закритий ізольований об'єм (приховані частини каркасу, низ зовнішнього облицювання дверей та ін.).

Тріщини можуть з'являтися в результаті перенапруги металу, низької якості матеріалів, впливу втоми металу та корозії з подальшим механічним навантаженням, пороків збирання вузлів та деталей, а також недостатньо міцної конструкції вузла.

Руйнування зварних з'єднань у вузлах, деталі яких з'єднані точковим зварюванням, а також у суцільних зварних швах кузова можуть статися через неякісне зварювання або вплив зовнішніх сил. Зношування в результаті тертя призводить до зміни якості поверхонь, початкових розмірів і форми деталей. Цей вид зносу зустрічається в деталях арматури, осях та отворах петель, оббивці, в отворах заклепувальних та болтових з'єднань.

Вм'ятини та випучини в панелях, а також прогини та перекоси в кузові з'являються внаслідок залишкової деформації при ударі або неякісно виконаного виробничого процесу (складання, ремонту тощо).

Загниття деревини зі зміною її фізико-хімічних та механічних якостей відбувається через розпад складних, що містять азот органічних сполук (в основному білків), що викликається діяльністю мікроорганізмів. Крім перерахованих вище ушкоджень, в деталях кузова зустрічаються й інші, що нарастають швидко і раптово внаслідок аварій.

Конструктивні дефекти виникають як наслідок недосконалості конструкції кузова та оперення. До таких дефектів можна віднести: недостатньо жорстке кріплення деталей

між собою та з каркасом кузова; неправильно вибраний матеріал; недостатню герметичність у з'єднаннях, у яких не допускається проникнення води (віконної рами, двері, у з'єднаннях між обідком передньої фари та крилами та ін.); наявність «кишень», відбортровок, що допускають накопичення води та бруду; недостатню жорсткість кромки деталей (наприклад, крил).

Технологічні дефекти виникають як наслідок порушення прийнятої технології виготовлення чи ремонту кузова. До технологічних дефектів кузовів що найбільш часто зустрічаються, відносяться дефекти зварювання, порушення якості вихідного матеріалу, неякісне виконання окремих операцій при виготовленні та ремонті деталей (виправлення нерівностей в панелях кузова, складання після ремонту та ін).

### **15.2 Вплив навантажень та напруг на окремі елементи конструкції кузова**

У кузові легкового автомобіля навантаження розподілено нерівномірно. У передній частині кузова та в області багажника діють зосереджені навантаження. У передній частині – від силового агрегату, переднього мосту, радіатора та оперення, в області багажника – від паливного бака, запасного колеса та багажу. У середній частині кузова діють навантаження переважно від власної ваги корпусу, пасажирів та дверей.

Найбільш напруженим місцем у більшості кузовів легкових автомобілів є стійки вітрового вікна, що з'єднують перехідну частину корпусу з дахом. Тому ця частина корпусу має бути особливо посилена. Сійки, пов'язані з панелями облицювання, менш напружені, ніж стійки, не пов'язані з ними (стійки вітрового вікна, підкоси).

У процесі експлуатації кузов піддається головним чином напругам від вигину у вертикальній площині, скручування та вібрацій. У просторовій системі кузова легкового автомобіля всі елементи працюють однаково, причому такі елементи, як дах, можуть нести не менше навантаження, ніж основа. Точки найбільшого прогину основи розташовані біля передньої стійки корпусу, а прогину даху – у задній її частині. Напруги, що виникають у деталях кузова при згині, в 3-4 рази менше напруг, що виникають при крученні. Тому велике значення має загальна

жорсткість системи.

Необхідно мати на увазі, що в корпусах кузовів легкових автомобілів та кабінах вантажних автомобілів є прорізи для дверей, вітрового та заднього вікон, а в кузовах легкових автомобілів також для кришки багажника. Концентрація напруг у з'єднаннях окремих елементів корпусу в цих отворах, а також на стиках елементів великої та малої жорсткості може спричинити руйнування деталей, якщо вони не посилені.

У конструкціях кузовів передбачені необхідні жорсткі зв'язки, посилення окремих ділянок додатковими деталями, видавлювання ребер жорсткості. У процесі тривалої експлуатації кузова і в процесі його ремонту можуть виявитися окремі слабкі ланки в корпусі кузова, які вимагають посилення, щоб уникнути появи вторинних поломок.

В автобусних кузовах потужні ферми основи, досить жорсткі ребра даху, борти, наполовину або більше перекриті облицюванням, перетворюють корпус автобуса на замкнуту просторову систему, що добре сприймає згинальні навантаження та навантаження від скручування.

Міцність кузова в основному залежить від його здатності сприймати скручуючий момент. Його крутильна твердість вимірюється кутом закручування на 1 м довжини при вивішуванні переднього колеса навантаженого автобуса.

Оптимальне значення цього кута має бути не більше 3-4. Наявні в правому борту кузова отвори для дверей не мають особливого впливу на міцність конструкції, так як це ослаблення компенсується відповідним конструктивним виконанням рами отвору.

Кузов автобуса в процесі експлуатації сприймає напругу від повороту правого та лівого бортів відносно один одного, одночасно відбувається поворот передньої стінки щодо задньої та скручування даху та основи. При повороті правого борту щодо лівого відбувається вигин верхніх кінців стійок.

Ці деформації та інші навантаження та напруги, що виникають в окремих елементах корпусу автобуса в процесі його нормальної експлуатації, можуть призвести до руйнувань деяких деталей та з'єднань вузлів, у конструкції яких не передбачено необхідної жорсткості.

Враховуючи діючі навантаження, досить жорсткими повинні бути кріплення дверних петель, місця опори та кріплення сидінь, підлога кабіни, вузол з'єднань поздовжніх елементів основи з передніми кріпленнями та задніми поперечними елементами.

В результаті навантажень може змінюватись також ряд геометричних параметрів кузова. Ступінь зміни залежить від типу і жорсткості конструкції кузова, наявності напруги, а також від умов догляду (своєчасного усунення причин, які можуть викликати деформацію, наприклад, двері, капот або кришка багажника, що неправильно закриваються, неправильно укріплений агрегат до підлоги кузова несучої конструкції).

### **15.3 Загальна структура технологічного процесу ремонту кузовів**

Якщо пошкодження основної конструкції кузова, що накопилися в процесі експлуатації автомобіля, досягли такого рівня, що подальшу надійну експлуатацію його вже не можна забезпечити поточним ремонтом, то кузов підлягає капітальному ремонту.

Основними завданнями капітального ремонту кузова автомобіля є:

- повна перевірка справності конструкції та обладнання кузова;
- усунення несправностей та відновлення міцнісних якостей кузова та його надійності;
- ремонт або заміна пошкоджених елементів конструкції кузова автомобіля та його обладнання.

Міжремонтний ресурс кузова після його капітального ремонту визначається переважно здатністю протистояти руйнуванням та зносу елементів конструкції, що сприймають навантаження під час експлуатації автомобіля.

Технологічний процес капітального ремонту кузова визначається його конструктивними особливостями. Ремонт починається з огляду кузова при прийманні його в ремонт з метою виявлення доцільності ремонту кузова, перевірки його комплектності та виявлення видимих пошкоджень без розбирання кузова. Після миття кузовів піддають попередньої дефектоскопії, призначення якої з'ясувати стан та доцільність

ремонту вузлів та деталей, що підлягають обов'язковому зняттю з кузова (скла, внутрішня оббивка та ін.), щоб не захарашувати виробничі приміщення явно непридатними деталями.

Після попереднього дефектування виконують загальне розбирання кузова. При загальному розбиранні від'єднують і знімають всі встановлені на корпус кузова агрегати, вузли та деталі. Нерозібраним залишається лише корпус кузова.

При зовнішньому митті кузова, до його розбирання не промиваються поверхні, закриті внутрішніми панелями, підлогою кузова (в автобусах), агрегатами та деталями, встановленими на кузов. Тому після загального розбирання та зняття внутрішніх панелей та підлоги кузова автобуса, внутрішню поверхню та основу кузова ретельно промивають.

Розібраний та очищений кузов, а також оперення автомобіля направляють на ділянку зняття старої фарби; агрегати та вузли, що підлягають ремонту в інших цехах заводу або на інших підприємствах, спрямовують на склад зберігання агрегатів, що чекають на ремонт; арматуру, оббивку та інші вузли та деталі кузова, що потребують ремонту, – у відповідні спеціалізовані відділення кузовного цеху.

Непридатні деталі направляють до складу брухту, а придатні – складу придатних деталей, а звідти на комплектування. На ділянку комплектування надходять також відремонтовані та нові деталі, що встановлюються на кузов замість забракованих під час його збирання.

Після зняття старої фарби, кузов піддається докладному контролю, у якому виявляють характер пошкоджень, отриманих кузовом під час експлуатації. Виявляють деталі, що вичерпали ресурс своєї роботи, і приймають рішення про необхідність та можливість ремонту чи заміни тієї чи іншої деталі кузова.

Потім кузов надходить на ділянку ремонту. На першому посту цієї ділянки, кузова деяких конструкцій піддають подальшому розбиранню, необхідному для виконання ремонтних операцій. Так, з кузовів типу фургон, що мають дерев'яні каркаси, знімають металеве облицювання та пошкоджені дерев'яні деталі; з автобусних кузовів несучої конструкції знімають пошкоджені ферми, балки, панелі, облицювання, тощо.

Після ремонту кузов піддають попередньому збиранню, при

цьому на кузов навішують двері, встановлюють панелі, оперення та інші деталі, що підлягають фарбуванню разом із кузовом. Потім кузов фарбують і здійснюють остаточне складання.

Схеми технологічних процесів ремонту кузовів легкових автомобілів, автобусів та кабін вантажних автомобілів відрізняються один від одного наявністю на кузовах різного обладнання та механізмів, а також пошкодженнями, характерними для кожної конструкції кузова, та способами їх усунення.

#### **15.4 Вимоги до листової сталі, що застосовується для ремонту корпусу кузова**

Листова сталь, що застосовується для ремонту та виготовлення панелей кузовів та оперення автомобілів глибокою витяжкою, у процесі штампування або формування іншими способами на спеціальному устаткуванні, часто відчуває напруження, близькі до межі міцності.

Тому така листова сталь повинна задовольняти вимоги щодо механічних і технологічних властивостей, мікроструктури, чистоти поверхні, не мати розшарування і бути однорідною по товщині.

Залежно від призначення деталі металевого корпусу кузова можна розділити на лицьові деталі (дах, двері, капот, крила тощо), до якості поверхні яких висуваються більш високі вимоги, а не тільки щоб його властивості відповідали необхідній складності деформації цих деталей; внутрішні деталі (підлога, брызговики, внутрішні панелі тощо) та деталі каркасу кузова (стійки, підсилювачі тощо), для виготовлення яких необхідна відповідність властивостей металу листа необхідній складності витяжки.

Для деталей кузова автомобіля застосовується переважно низьковуглецева листова сталь (ГОСТ 9045-79) з вмістом вуглецю не більше 0,08 % двох категорій; ОСВ – для штампування деталей з особливо складною витяжкою та СВ – зі складною витяжкою. Обидві ці категорії листів випускаються трьох марок: 08Ю і 08Фкп-нестаріючі і 08кп – старіючі.

Одним з головних параметрів, що враховуються при визначенні складності витяжки кузовних деталей, є максимальне

фактичне подовження, яке отримує будь-який елемент деталі в процесі її деформування.

У разі застосування листової сталі, схильної до старіння, твердість цієї сталі під впливом старіння значно збільшується, ударна в'язкість металу падає, підвищуються межі пружності та міцності і знижується пластичність з утворенням довгої площі плинності.

Щоб уникнути розриву заготовок у процесі витяжки, таку листову сталь до запуску у виробництво піддають вальцюванню з постійним радіусом валків. При пропуску між валиками лист втягується у вальці та проходить через валки, отримуючи повторні пластичні вигини у протилежні сторони, внаслідок чого він набуває плоскої форми. Листи пропускають через вальці 3-5 разів, змінюючи напрямок руху валків.

Деформація при вальцюванні супроводжується появою всередині кристалічних зрушень, які, змінюючись послідовно у напрямку залежно від напрямку вигину листа і будучи рівновеликими, так як постійний радіус валків, взаємно компенсують один одного, не викликаючи залишкової деформації загального обсягу.

Значний вигин при вальцюванні перерозподіляє існуючу напругу, внаслідок чого в провальцьованому листі спочатку нерівномірний розподіл напруг прагне стати більш однорідним по перерізу листа.

В результаті такої обробки лист зміцнюється, виходить плавний перехід кривої, від пружного до пластичного стану металу, і збільшується здатність металу до пластичного деформування. Для штампування металу має значення низька твердість з вузькими межами її коливання (HRC 45-48).

### **15.5 Лакофарбні покриття**

Захисні властивості лакофарбового покриття обумовлюються двома найважливішими факторами: механічними та хімічними властивостями самої плівки, зчепленням між плівкою та поверхнею, що покривається. Обидва ці фактори в свою чергу залежать від компонентів, що входять до складу лакофарбових матеріалів, від стану поверхні, що фарбується, і від правильного вибору і ретельності виконання технологічного процесу



фарбування.

Принцип багат шарових різнорідних покриттів, що застосовується при фарбуванні кузовів і автомобілів, ґрунтується на такому підборі різних матеріалів для окремих шарів покриття, який дає можливість у кожному шарі максимально використовувати найважливіші для даного шару технічні властивості.

Наприклад, для першого шару (ґрунтового) застосовують матеріали, які мають хороше зчеплення з поверхнею, що фарбується і досить водонепроникні, а для зовнішнього шару – матеріали, що володіють високою стійкістю проти дії навколишнього середовища і механічною стійкістю. Система покриттів визначається умовами його експлуатації та вимогами до якості зовнішнього оздоблення.

### **15.6 Підготовка поверхні до фарбування**

Процес фарбування автомобільних кузовів складається з низки операцій, що виконуються у певній послідовності. Для створення необхідної міцності барвистої плівки, перш за все, потрібно забезпечити хорошу змочуваність поверхні, що фарбується. Це досягається відповідним її очищенням від усіх видів забруднень, а також обробкою вже очищеної поверхні фосфатуванням.

Для повного очищення поверхні її необхідно знежирити протиранням поверхні чистою ганчіркою, змоченою в уайт-спіриті, або іншому органічному розчиннику.

Останнім часом замість розчинника для знежирення металевих поверхонь деякі підприємства стали застосовувати водний розчин моноеталонаміну (в'язка гігроскопічна рідина, що має сильну лужну реакцію). Поверхнево-активні властивості моноеталонаміну виражені дуже слабо. Тому для приготування знежирювального складу як поверхнево-активні речовини вводяться емульгатори (ОП-7, ОП-10, «Прогрес»).

Добавка до миючого розчину ОП-10 1 % моноеталонаміну збільшує миючу здатність розчину внаслідок того, що моноеталонамін виконує роль лужного електроліту, нейтралізує кислі компоненти забруднень з поверхні, що відмивається, і підтримує рН миючого розчину в певних межах при знежиренні.

Крім прямого впливу на миючу здатність, моноеталон є ефективним інгібітором корозії сталі. Склад знежирювального розчину: моноеталон – 5-10 г/л; ОП-7 або ОП-10 – 5-10 г/л.

**Фосфатування** – це процес одержання на поверхні сталевих виробів ізолюючого шару фосфатів цинку, марганцю та заліза. Фосфатна плівка не є міцним захистом металу від корозії, але у поєднанні з лакофарбовим покриттям створює міцну, довговічну захисну плівку.

Це пояснюється тим, що фосфатний неелектропровідний шар, міцно зв'язується з металом, абсорбує і міцно утримує лакофарбовий шар, не допускаючи проникнення до поверхні металу вологи, яка є основною причиною появи корозії.

Перевагою фосфатного покриття є також його здатність запобігати розповсюдженню іржі під забарвленою поверхнею при місцевому руйнуванні лакофарбової плівки (за наявності подряпин, відшарувань на кромках тощо).

На заводах автомобільної промисловості та на авторемонтних заводах з великою виробничою програмою застосовується прискорене фосфатування, яке виробляється у спеціальних агрегатах струменевим способом та досягається введенням у розчин монофосфату цинку з додаванням окислювачів (нітриту натрію та ін.).

На авторемонтних заводах з невеликою виробничою програмою процес фосфатування замінюється нанесенням на поверхню фосфатуючого ґрунту ВЛ-08, що готується до фарбування, або здійснюється холодним складом шляхом триразового протирання їх тампоном або пензлем, змоченим у спеціальному розчині, або накладенням пасти, виготовленої змішуванням розчину з тальком. Розчин складається з наступних компонентів: монофосфату цинку – 100 г/л, нітриту натрію – 2 г/л, фтористого натрію – 6 г/л. Загальна кислотність цього розчину – 78 точок, а вільна кислотність 3,1-3,4 точки.

**Фосфатуюча паста** виготовляється змішуванням розчину з тальком у співвідношенні 1:1 за вагою. Для приготування пасти в посудину насипають розрахункову кількість тальку, а потім заливають малими порціями готовий розчин при безперервному інтенсивному перемішуванні.

Приготовлена таким чином паста повинна мати густу

консистенцію і рівномірно наноситися пензлем на поверхню кузова. Після закінчення 30 хв після нанесення, пасту ретельно змивають гарячою водою, потім поверхню промивають 0,3 %-вим розчином хромпіку (3 г на 1 л води) і просушують.

Після першого протирання надлишок рідини видаляють сухим тампоном. Перед другим протиранням, поверхні дають висохнути, а через 40 хв після третього протирання поверхню ретельно промивають гарячою водою, потім обробляють 0,3%-вим розчином хромпіку і добре просушують.

При річній виробничій програмі 4 000-5 000 кузовів (кабін) і більше процеси травлення (видалення нальотів корозії, що з'явилися після ремонту кузова), знежирення та фосфатування рекомендується здійснювати в багатокамерних конвеєрних установках, що дозволяють автоматизувати весь процес підготовки кузова.

При ручній підготовці поверхні нальоти корозії видаляють прошкуряванням або механізованим ручним інструментом та змочуванням (протиркою) поверхні складом що включає (%): фосфорної кислоти – 55; етилового спирту – 15; бутанолу – 5; гідроксиду – 1; води – 24.

Підготовка дерев'яних поверхонь до фарбування полягає в очищенні їх від тирси, пилу, бруду та обробці абразивною шкуркою. Після відповідної підготовки поверхні піддаються послідовно ґрунтуванню, покриттю антикорозійною мастикою, виправленню нерівностей шпаклівкою, шліфуванню та покриттю верхніми шарами фарби.

#### **15.6.1 Основні стадії процесу нанесення покриттів**

**Ґрунтування** служить основою для всього покриття – створює хорошу зчеплюваність між металом та наступними шарами лакофарбового покриття та надійний антикорозійний шар. Ґрунтування слід проводити у якомога коротший термін після підготовки поверхні. Для кращого змочування фарбується і зчеплення з останньою товщина шару ґліфталевого і фенольного ґрунту повинна бути в межах 15-20 мкм, а фосфатуючого – 6-12 мкм.

В даний час розроблені спеціальні ґрунти, які можуть бути нанесені по іржі як перший шар лакофарбового покриття. Ці

грунти отримали назву ґрунтів перетворювачів іржі, оскільки, потрапляючи на іржаву поверхню, вони вступають у хімічну взаємодію з тими сполуками заліза, які утворюють іржу та переводять їх у хімічні речовини, нерозчинні у воді та є одночасно пасиваторами корозії.

Ґрунт може бути нанесений на іржаву поверхню пензлем, зануренням або розпорошенням. Час висихання ґрунту при 20°C близько 2 год, а при підвищенні температури швидкість висихання збільшується. Крім того, цей ґрунт може бути застосований у поєднанні з основними емалями, що застосовуються в даний час для фарбування автомобілів, і є новим високоефективним засобом боротьби з корозією чорного металу.

Для обробки металевої поверхні без попереднього видалення корозії рекомендується ґрунт на основі полівінілацетальної емульсії ВА-1ГП та ортофосфорної кислоти. Принцип способу зводиться до перетворення продуктів корозії заліза на хімічно стійкі нерозчинні з'єднання та утворення захисної плівки з плівкоутворювального та пігментів, що входять до складу ґрунту.

Ґрунт ВА-1ГП є двокомпонентною системою, що складається з основи і кислотного затверджувача. Основа ґрунту ВА-1ГП є суспензією пігментів і пластифікованої полівінілацетатної емульсії.

Кислотним затверджувачем є 85 % ортофосфорна кислота. Ґрунт виготовляється безпосередньо перед застосуванням шляхом змішування 100 ваг. част. основи ґрунту та 3 ваг. част. ортофосфорної кислоти.

Після виготовлення, ґрунт розводиться до робочої в'язкості водою (конденсатом) і наноситься пензлем або фарборозпилювачем на іржаву поверхню, з якої попередньо видалена лише пластова, рихла іржа.

Колір ґрунту після висихання червоно-коричневий. В'язкість по ВЗ-4 – 70-90 сек. Розведення водою (вага. год), не більше: для кисті – 18, для фарборозпилювача – 21. Час висихання при 18-23°C – 24 год. Робоча в'язкість ґрунту при нанесенні пензлем – 50-60 сек; а при фарбуванні розпорошенням 28-30 сек.

Водорозбавний ґрунт ПФ-033, що випускається в даний час промисловістю, представляє великий практичний інтерес. Цей

грунт розбавляється водою, що містить 0,5 % аміаку, може бути нанесений на поверхню, що фарбується, методом занурення, обливання або розпилення і забезпечує хороше антикорозійне покриття. Застосовується на заводах автомобільної промисловості як перший шар покриття при фарбуванні кабін та кузовів автомобілів.

Робоча в'язкість цього грунту при 18-23°C по ВЗ-4 становить: для занурення – 14-15 сек; для обливання – 18-20; для розпилення – 22-24 сек. Сушіння грунту здійснюється при 170°C протягом 15-20 хв. Для грунтування електроосадженням застосовується водорозчинний грунт ФЛ-093. Цей грунт висихає при 180°C за 30 хв. Після грунтування на поверхні кузова (кабін) та оперення, звернені до полотна дороги, та на внутрішні поверхні панелей кузовів, а також на ділянки, передбачені технологічним процесом, наноситься антикорозійна мастика.

**Шпатлювання.** Призначення шпаклювання, як відомо, вирівняти окремі нерівності в поверхні кузова, що залишилися після ремонту. Шпатлювання не підвищує захисні властивості лакофарбового покриття, а при неправильному застосуванні може навіть значно знизити його механічну міцність.

Крім того, шпатлювання забирає багато часу. Тому при ремонті кузова та оперення автомобіля необхідно краще вирівнювати лицьові поверхні кузова, що підлягають фарбуванню до надходження на ділянку фарбування. Шпатлівки, що випускаються промисловістю, можуть бути нанесені певної товщини і висихають при різній температурі.

**Шліфування.** Шліфують проміжні та останній шари шпаклівки після висихання кожного шару для усунення нерівностей та шорсткості у шпаклювальному шарі. Шліфування покращує також адгезію між шарами та зовнішній вигляд покриття. Щоб уникнути утворення пилу та для забезпечення тонкості шліфування, рекомендується застосовувати мокре шліфування водостійкою шкіркою.

При цьому оброблювану поверхню рясно змочують водою. Міжшарову шпаклівку можна шліфувати також наждачною шкіркою сухим способом. Щоб уникнути засолювання наждачної шкірки, необхідно під час роботи періодично очищати її від шліфувального пилу вибиванням.

У процесі шліфування сухим способом кузов зазвичай періодично обдмухують стисненим повітрям для перевірки стану поверхні. Щоб уникнути засмічення пилом свіжофарбованих поверхонь, рекомендуються для очищення приміщення від пилу застосовувати спеціальні пиłosоси.

Для сухого шліфування застосовують шкірки шліфувальні на тканинній і паперовій основі, а для мокрого шліфування – водостійкі шліфувальні шкірки. Легке шліфування ґрунту під шпаклівку виконується шліфувальною шкіркою № 8 (колишня № 150), а під емалі – шкіркою № 6-5 (колишня № 180-220).

Шліфування проміжних шарів шпаклівки здійснюється шліфувальними шкурками №8-6 (колишні №150-180), а останнього шару шпаклівки – №6-5. Покривні шари емалі шліфують шкурками № 4-3 (колишні № 280-320) з подальшим загладжуванням водостійкою шліфувальною шкіркою № 400.

Для шліфування шпатльованих поверхонь і полірування можна застосовувати також пневматичні машини.

При ручному шліфуванні шкірку слід надіти на шліфувальний гумовий блок або колодку з м'якого дерева, а для механізації процесу шліфування зашпатльованих поверхонь; застосовують спеціальні апарати різної конструкції. Для шліфування перших шарів шпатльованих поверхонь рекомендується використовувати шліфувальну машину.

### **15.6.2 Забарвлення зовнішніх шарів покриття**

Для фарбування зовнішніх шарів кузовів (кабін) автомобілів в даний час застосовуються головним чином меламін-алкідні емалі гарячої сушіння. Ці емалі мають хорошу атмосферостійкість, твердість і еластичність, стійкість до періодичного впливу мінерального масла, бензину і води при нормальній температурі і високою декоративністю.

Для кабін вантажних автомобілів можна застосовувати також перхлорвінілову емаль. Для поліпшення захисного покриття всередині автобуса на картонне стельове і металеве облицювання можна застосовувати сополімерновінілхлоридні емалі.

Для фарбування автобусів можна використовувати замість пентафталевих і меламіноалкідних емалей алкідно-акрилові – які мають здатність швидко схоплюватися «від пилу» (за 15 хв), що

дозволяє скоротити тривалість сушіння. Ці емалі випускають різних кольорів і мають кращу атмосферостійкість, ніж пентафталеві емалі ПФ-115. Плівка глянцева, тверда і довго зберігає свій декоративний вигляд.

Для фарбування платформ вантажних автомобілів застосовується також алкідно-карбамідна емаль МЧ-145, яка наноситься в два шари без ґрунтовки або один шар алкідно-карбомідної ґрунтовки (для платформ), ґрунтовки ГФ-020 або ФЛ-ОЗк.

Для фарбування платформ вантажних автомобілів в даний час застосовуються емаль алкідно-карбамідна – АТ та емаль на алкідно-карбамідному лаку.

При фарбуванні синтетичними емалями внаслідок високого вмісту в них сухого залишку та порівняно низького відсотка їх розведення до робочої в'язкості на одне покриття наноситься плівка приблизно в 2 рази товщі, ніж при фарбуванні нітрофарбами. Тому для отримання покриття необхідної товщини із синтетичних емалей достатньо 2-3 шари.

Оскільки зовнішній шар фарби не повинен прилипати безпосередньо до поверхні, що фарбується, від нього вимагається тільки злипання з нижнім шаром. Це забезпечується розчинниками, які викликають поверхнєве розчинення нижнього шару; внаслідок дифузного перемішування молекул речовини нижнього шару з молекулами речовини зовнішнього шару відбувається самозлипання нанесених шарів фарби.

Велике значення у технологічному процесі нанесення лакофарбових покриттів надається операції шліфування. Цієї операції піддаються ґрунтувальні та шпаклювальні, а при фарбуванні кузовів легкових автомобілів нітроемалями також зовнішні шари лакофарбового покриття. Шліфування не лише вирівнює покриття, а й покращує адгезію між шарами. У малярських відділеннях авторемонтних заводів зазвичай застосовують мокре шліфування водостійкими шліфувальними шкірками.

Легке шліфування ґрунту під шпаклівку здійснюється водостійкою шкіркою № 8 (колишня № 150), а під емалі – № 6-5 (колишні № 180-220). Проміжні шари шпаклівки шліфують водостійкими шкурками № 8-6 (колишні № 150-180), а останній

шар шпаклівки – шкурками № 6-5. Шліфування зовнішніх шарів емалей здійснюють водостійкими шліфувальними шкурками № 4-3 (колишні 280-320) з наступним загладжуванням шкуркою № 400 (М-14).

### **15.6.3 Способи нанесення лакофарбових покриттів**

Основним способом нанесення лакофарбових матеріалів під час фарбування автомобілів на авторемонтних заводах є метод повітряного розпилення. Забарвлення пневматичним розпиленням крім загальновідомих переваг має істотний недолік – значні технологічні втрати, які складаються з втрат на туманоутворення (віднесення частинок фарби з факела стисненим повітрям) і втрат внаслідок прольоту частинок за контур виробу, що фарбується.

Величина втрат першого виду залежить від конструкції розпилювального пристрою та режиму його роботи, а другого – від умов експлуатації та характеристики виробу, що фарбується.

Втрати на туманоутворення, за величиною яких прийнято оцінювати ступінь досконалості тієї чи іншої конструкції фарборозпилювача, становлять 15-40 % загальної витрати лакофарбового матеріалу. Їх характеризують коефіцієнтом туманоутворення.

Основною характеристикою фарбувального факела є дисперсність розпилення, що залежить від швидкості закінчення повітря з отворів повітряної головки, від тиску та витрати повітря та від фізико-хімічних властивостей лакофарбового матеріалу.

Тиск повітря розпилення, при якому забезпечується нормальна робота фарборозпилювача, для кращих вітчизняних і зарубіжних моделей з номінальною продуктивністю до 400 м<sup>2</sup>/год становить 3-4 кг / см<sup>2</sup>. Збільшення тиску небажане, оскільки це призводить до збільшення втрат на туманоутворення та погіршення якості покриття.

На величину туманоутворення впливає також в'язкість лакофарбового матеріалу, питома витрата повітря і відстань фарборозпилювача від поверхні, що фарбується. З підвищенням в'язкості матеріалу та збільшенням питомої витрати повітря втрати на туманоутворення збільшуються. Оптимальна відстань фарборозпилювача від поверхні, що фарбується 300-400 мм; при



роботі на високих відстанях втрати на туманоутворення різко зростають.

За оптимальних режимів роботи втрати на туманоутворення для фарборозпилювачів становлять 18-24 %. Фактично втрати на туманоутворення значно перевершують зазначені, оскільки у виробничих умовах не завжди вдається точно витримувати рекомендовані режими і, крім того, мають місце технологічні втрати.

Оскільки такий туман небезпечний у пожежному відношенні, шкідливий для організму працюючих, а частинки фарби, що осаджуються, забруднюють навколишнє приміщення та обладнання, на ділянках, де наносяться лакофарбові покриття повітряним розпиленням, встановлюють розпилювальні камери з потужними відсмоктуючими пристроями та гідрофільтрами для очищення повітря і створення нормальних умов праці.

**Розпилення із підігрівом.** В'язкість більшості фарб при нагріванні помітно зменшується, що при пневматичному розпиленні дає можливість знизити витрату розріджувача (для нітроемалей – до 30 %, а для синтетичних емалей – до 40 %) та збільшити сухий залишок фарби, зменшити тиск повітря та відповідно знизити втрати фарби внаслідок відбиття частинок від поверхні що фарбується і туманоутворення.

При цьому підвищується також продуктивність праці, так як за рахунок збільшення товщини шару і підвищення покриваності скорочується кількість шарів, що наносяться.

Зі зіставлення основних технологічних параметрів нанесення покриттів у підігрітому стані з аналогічними параметрами при нанесенні покриттів без підігріву методом пневматичного розпилення видно переваги нанесення підігрітих емалей.

Для підігріву лакофарбових матеріалів використовуються установки, які випускаються нашою промисловістю у вибухобезпечному виконанні. При застосуванні для пневматичного розпилення з підігрівом обладнання, яке використовується при звичайному пневматичному розпиленні з додатковою установкою для підігріву лакофарбових матеріалів, необхідно перевірити стійкість шлангів для фарби до дії гарячих розчинників.

**Безповітряний метод розпилення з підігрівом.** У цьому

процесі дроблення фарби здійснюється внаслідок різкого перепаду тиску на виході з фарборозпилювача спеціальної конструкції. Тиск на фарбу створюється гідравлічним насосом, що рухається від звичайного компресора.

Лакофарбовий матеріал, нагрітий до температури 70-100°C, подається до сопла фарборозпилювача під тиском 40-60 кг/см<sup>2</sup>.

По виході з сопла фарба набуває швидкості більше критичної при даній в'язкості; в результаті падіння тиску до атмосферного звільняються сили, що прагнуть розширити лакофарбовий матеріал, і створюється дрібнодисперсний факел (матеріал розпорошується).

Гідравлічний тиск з нагріванням дає можливість розпорошувати лакофарбовий матеріал значної в'язкості, оскільки нагрівання знижує в'язкість та поверхневий натяг. Розпорошенню лакофарбового матеріалу після виходу із сопла сприяє також миттєве випаровування частини розчинників, що містяться в фарбі, що супроводжується значним розширенням.

Факел, що отримується при безповітряному розпиленні, має чіткі межі і захищений від навколишнього середовища оболонкою з розчинника, що випаровується. Це веде до незначних втрат на туманоутворення (менше приблизно на 25 % порівняно з пневматичним розпиленням), а отже, зменшується питома витрата лакофарбових матеріалів. Оскільки при цьому методі можна застосовувати в'язкіші матеріали, зменшується також витрата розчинників.

Перевага безповітряного розпилення лакофарбового матеріалу порівняно з пневматичним полягає також у тому, що внаслідок значного зменшення втрат на туманоутворення та відбиття від поверхні потрібна менш потужна вентиляція (видаляються переважно пари розчинника); скорочується тривалість циклу фарбування та підвищується продуктивність праці робітників.

При безповітряному розпиленні отримують покриття високої якості (рівний глянець, рівномірна товщина та майже повна відсутність пористості). Цим методом можна нанести всі лакофарбові матеріали, що застосовуються зараз для фарбування автомобілів. Для безповітряного розпилення застосовуються установки в яких надлишок лакофарбового матеріалу, що не

вийшов з фарборозпилювача, повертається по відводному шлангу, через клапанну коробку в буферні ємності і робочі циліндри циркуляційного насоса в ємність. Таким чином, здійснюється циркуляція підігрітого лакофарбового матеріалу під робочим тиском у замкнутому контурі.

Широке застосування отримали також установки безповітряного розпилення без підігріву фарби. Цей апарат складається з поршневого насоса високого тиску подвійної дії з всмоктуючим фільтром, пневмоприводу, забезпеченого спеціально пристосованим триходовим краном, пневматичного двигуна з диференціальним поршнем і клапанним розподільником, пластинчастого ротаційного повітряного мотора для приводу мішалки для лакофарбового повітря у пневматичний циліндр.

Апарат забезпечений шлангом високого тиску з прикріпленням до нього фарборозпилювачем та безнапірною посудиною для лакофарбових матеріалів. Апарат працює як мультиплікатор із передавальним відношенням поверхонь поршнів 1:24.

При тиску повітря від 5 до 8 кг/см<sup>2</sup> досягається статичний тиск на лакофарбовий матеріал до 160 кг/см<sup>2</sup>. Дослідження показали, що апаратом такого типу можна користуватися, коли не потрібна висока якість обробки поверхні (наприклад, при ґрунтуванні).

Вища якість обробки досягається при безповітряному розпиленні з підігрівом лакофарбових матеріалів.

***Забарвлення в електричному полі.*** Повна автоматизація процесу фарбування виробів досягається методом нанесення покриття, що базується на тяжінні заряджених частинок фарби до протилежно зарядженої поверхні виробу.

Він дозволяє економно витратити фарбу та може застосовуватися для фарбування виробів, поверхня яких є провідником. В електричному полі можна здійснювати фарбування стисненим повітрям низького тиску або під дією відцентрової та електростатичної сили.

У цьому методі виключається можливість туманоутворення, що сприяє підвищенню культури виробництва та значному поліпшенню санітарно-гігієнічних умов праці.

При пневматичному розпиленні в електричному полі все ж таки мають місце деякі втрати фарби, оскільки фарборозпилювач розташований на деякій відстані від коронувальної зони і не вся фарба, що розпилюється, доходить до цієї зони. Іншими словами, по дорозі від фарборозпилювача до деталі частина фарби, що не отримала електричний заряд, втрачається.

При електромеханічному розпиленні отримують майже 100 % осадження фарби, оскільки заряд високої напруги йде безпосередньо фарбі, яка розпорошується без стисненого повітря.

До фарби, що впливає з судини тонким струменем, підводиться один із полюсів джерела постійного струму високої напруги; інший полюс підводиться до металічного виробу, що фарбується.

При цьому рідина, що витікає, за рахунок відштовхування однойменних зарядів утворює високодисперсний іонізований аерозоль, який набуває в електричному полі, спрямований рух і осідає тонким шаром на заряджену протилежним знаком металеву поверхню. При цьому варіанті застосовуються чашкові електророзпилювачі.

Однак одним з основних недоліків, фарбування в стаціонарних електрофарбувальних установках, є труднощі фарбування виробів складної конфігурації та різних габаритів, що обробляються на тому самому технологічному конвеєрі (кабіни, деталі оперення, кузова, тощо).

Крім того, при фарбуванні в електричному полі осадження лакофарбового матеріалу відбувається успішно на випуклих поверхнях виробів та менш успішно на місцях заглиблень.

Тому для фарбування таких виробів, а також заглиблень, важкодоступних та внутрішніх поверхонь доводиться застосовувати підфарбування ручними пневматичними розпилювачами.

Японськими фірмами випускаються стаціонарні пневмоелектростатичні установки, основними перевагами яких є можливість повного фарбування виробів складної конфігурації (кузов, кабіна тощо), рівномірне та повне фарбування яких за допомогою інших пневмоелектростатичних розпилювачів неможливе, а також можливість нанесення водорозбавлювальних лакофарбових матеріалів.

До лакофарбових матеріалів, що наносяться за допомогою таких установок, пред'являються менш жорсткі вимоги до електричних властивостей, ніж при фарбуванні відцентровими та пневмоелектростатичними розпилювачами стаціонарних установок.

**Стаціонарні електрофарбувальні установки** найбільш економічні при безперервному фарбуванні великої кількості однотипних деталей (у великосерійному та масовому виробництві). При невеликій кількості автомобілів, що підлягають фарбуванню, доцільно застосовувати ручне фарбування в електричному полі високої напруги.

Основною перевагою ручного фарбування в електричному полі перед автоматичним, є маневреність, тобто можливість помістити розпилювач у будь-яке потрібне положення щодо виробу, що фарбується.

Перевірка у виробничих умовах показала, що фарбування за допомогою установки ручного фарбування в електричному полі має ряд переваг у порівнянні з пневматичним забарвленням. Різко знижуються втрати та витрата лакофарбових матеріалів, підвищується якість фарбування, встановлення дозволяє проводити фарбування без спеціальних камер, потужної вентиляції та фільтрів для очищення повітря, покращуються санітарно-гігієнічні умови праці. Робота на установці абсолютно безпечна, так як сила струму генератора набагато менша сили струму, небезпечної для життя.

До недоліків установки слід віднести те, що вона хоча значно більшою мірою дозволяє покрити лакофарбовим матеріалом фарбовані поверхні кузовів і кабін автомобілів, ніж стаціонарні установки, але все ж таки деякі ділянки не можуть бути пофарбовані, і їх доводиться підфарбовувати звичайним пневматичним фарборозпилювачем.

**Пневмоелектростатичний розпилювач** забезпечується трьома видами сопел для повітря. Одне з них застосовується при масовому виробництві, інше для тонкого розпилення при високій якості фарбування та третє при малопродуктивних роботах. Витрата повітря при тиску  $3,5 \text{ кг / см}^2$  не перевищує  $12 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

Розпилювач працює за більш низького тиску повітря, ніж звичайні пневморозпилювачі (без електричного поля).

Продуктивність розпилювача від 150 до 450 см<sup>3</sup>/хв, але електростатичний ефект найбільше позначається при продуктивності до 250 см<sup>3</sup>/хв лакофарбового матеріалу.

Рекомендується застосовувати лакофарбові матеріали меншої в'язкості. Це дозволяє використовувати повітря нижчого тиску, що сприяє скороченню втрат фарби. Оптимальна відстань від розпилювача до 150-200 мм.

**Гідроелектростатичний розпилювач** має широкий діапазон зміни продуктивності. Однак найбільший електростатичний ефект досягається при продуктивності 600 см<sup>3</sup>/хв.

Необхідні продуктивність та форма факела забезпечуються набором сопел з обмежувачами витрати повітря та зміни тиску, під яким знаходиться лакофарбовий матеріал.

Порівняно із звичайним безповітряним розпиленням при фарбуванні різних за складністю деталей досягається економія лакофарбового матеріалу від 15 до 35 %.

Найекономічніший розпилювач працює при тиску на фарбу від 35 до 105 кг/см<sup>2</sup>. Оптимальна відстань від розпилювача до поверхні, що фарбується – 200-300 мм.

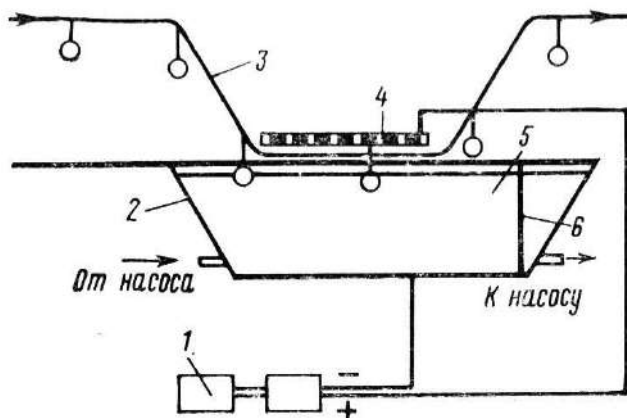
Інтерес представляє також пересувна камера (портал) для фарбування зовнішньої поверхні вагонів в електричному полі. Ця установка виправдала себе у виробництві на вагоноремонтних та вагонобудівних заводах. Подібна конструкція може бути рекомендована для фарбування зовнішніх поверхонь автобусів.

До лакофарбових матеріалів, що застосовуються для фарбування в електричному полі, пред'являються особливі вимоги. А саме, не рекомендуються для розпилення в електричному полі нітроцелюлозні та перхлорвінілові емалі, з огляду на відсутність іскрозапобіжних пристроїв. Можуть застосовуватися меламіно-алкідні емалі, що розбавляються до робочої в'язкості розчинниками, пентафталеві емалі з розчинником та алкідно-стирольна емаль з розчинником.

#### **15.6.4 Забарвлення електроосадженням**

Одним з методів нанесення лакофарбових покриттів, що дозволяють автоматизувати процес фарбування, є фарбування електроосадженням (рис. 15.1). Під електроосадженням розуміється осадження фарби на електроді, яким є виріб, що

фарбується. Під впливом електричного поля розподілені в рідині частинки що володіють негативним зарядом, пересуватимуться до анода. Цей процес, званий електрофорез, забезпечує переміщення частинок фарби з об'єму до поверхні, що фарбується. Цей метод здійснюється у ваннах для занурення при постійному струмі.



1 – генератор постійного струму; 3 – конвеєр;  
4 – анод; 5 – катод; 6 – перегородка

Рисунок 15.1 – Схема установки фарбування методом електроосадження

Електроосадженням наносять водорозбавлювані лакофарбові матеріали на основі модифікованих алкідних і акрилатних смол, алкідно-амінних і т.п. Як правило, такі плівкоутворювачі є карбоксилісткими і у водному розчині знаходяться у вигляді N-солей.

Отже, молекула смоли є аніоном або поліаніоном, тому деталь, що фарбується, повинна бути анодом. Катодом служать сам корпус ванни або спеціально внесені до неї вугільні, сталеві (фосфатовані) чи інші стрижні.

У ваннах, застосовуваних для фарбування автомобільних кузовів, щільність струму становить 30-40 а/дм<sup>2</sup> температура ґрунту у ванні приймається 18-22°C, а тривалість фарбування електроосадженням 2 хв.

При фарбуванні електроосадженням утворюється щільна безпориستا плівка, вільна від патьоків та інших дефектів, рівномірне покриття по товщині, забезпечується фарбуванням важкодоступних місць на виробі, скорочуються втрати лакофарбових матеріалів (використовується до 98 % лакофарбового матеріалу). Установка безпечна у пожежному відношенні.

#### **15.6.5 Сушіння лакофарбових покриттів**

Лакофарбові матеріали, що застосовуються при фарбуванні автомобілів, утворюють плівку в результаті випаровування розчинника (головним чином швидковисихаючі, що не містять масел, наприклад, нітроцелюлозні) або внаслідок окислення, конденсації та полімеризації плівкоутворювальної речовини (синтетичні та олійні матеріали).

Випаровування розчинників протікає при порівняно низьких температурах і прискорюється шляхом періодичної зміни насиченого парами розчинника навколишнім повітрям.

На прискорення процесу сушіння впливає ряд факторів, найважливішими з яких є температура нагрівання лакофарбового шару та ступінь рухливості повітря. При нерухомому повітрі середовище, що безпосередньо стикається зі свіжозабарвленою поверхнею, насичується парами розчинників, і процес сушіння сповільнюється.

При безперервній зміні повітря пари розчинника виносять із поверхні пофарбованого виробу. Значний вплив на випаровування розчинників надає швидкість повітряного потоку в зоні сушіння.

Залежно від матеріалів, вимог, що висуваються до лакофарбового покриття, і організації виробничого процесу фарбування сушіння лакофарбових матеріалів може відбуватися в природних умовах при температурі 18-23°C і при підвищеній температурі, що сприяє значному прискоренню процесу сушіння.

Щоб створити умови, за яких пофарбовані поверхні автомобілів піддаються постійному впливу підвищених температур при інтенсивному русі повітря, сушіння здійснюють призначених для цієї мети пристроях.

Залежно від способу передачі тепла сушильні пристрої, що



застосовуються на авторемонтних заводах, можуть бути трьох основних типів: конвекційні, терморадіаційні та терморадіаційно-конвекційні. У конвекційних камерах передача тепла від його джерела до виробу здійснюється нагрітим повітрям, що переміщається.

У терморадіаційних камерах нагрівання виробу відбувається під дією інфрачервоного випромінювання безпосередньо від його джерела та для передачі тепла активне середовище не потрібне. У терморадіаційно-конвекційних камерах нагрівання виробу здійснюється комбінованим способом, це дає можливість отримати рівномірне сушіння покриття, як зовнішньої поверхні кузова, так і інших ділянок (панель приладів, внутрішня поверхня кришки багажника і т.п.).

Терморадіаційно-конвекційний спосіб сушіння застосовується також при сушінні в одній камері пофарбованих поверхонь виробів різної конфігурації та розмірів (кабіни та оперення вантажних автомобілів тощо).

При сушінні конвекційним методом процес полімеризації починається з поверхні лакофарбового покриття. Плівка, що утворилася при цьому, ускладнює випаровування розчинника і проникнення кисню повітря в глибину покриття, внаслідок чого процес сушіння лакофарбових матеріалів уповільнюється.

Передача тепла від верхньої зони лакофарбового шару до нижньої відбувається лише за рахунок теплопровідності, оскільки конвекційні струми рідини та явища термодифузії за рахунок пари розчинників майже відсутні.

Джерелом терморадіаційного нагріву можуть бути панелі, що нагріваються газом, термоелектронагреватели (ТЕНи), встановлені в параболічних рефлекторах, і дзеркальні лампи розжарювання з вольфрамовими нитками. Хвилі, випромінювані цими джерелами, перебувають у інфрачервоної області спектра, а довжина цих хвиль залежить від температури випромінювача: що нижча температура, тим більше довжина хвилі.

У терморадіаційних камерах, що застосовуються для сушіння кузовів (кабін) після фарбування, панелі, нагріті до температури 400-500°C, випромінюють інфрачервоні невидимі промені з довжиною хвилі від 3,5 до 5,0 мкм. Промені такої довжини, проникаючи через шар лакофарбового покриття, вільно

досягають поверхні виробу і нагрівають його внаслідок переходу променистої енергії в теплову.

При цьому виникає перепад температури між внутрішньою поверхнею фарби, що стикається з металом, і зовнішньою, причому внутрішня поверхня фарби матиме температуру вище, ніж зовнішня. Наявність різниці температур створює різницю тиску, що сприяє швидкому випаровуванню розчинника з шару фарби, що при різних методах значно зменшує час сушіння.

Крім того, дія термічного ефекту викликає прискорений процес окислення, який протікає по всій товщі покриття рівномірно, і процес полімеризації починається нижче шарів лакофарбового покриття.

В результаті процеси під впливом дії променистої енергії сприяють швидкому висиханню лакофарбового покриття. Так, при конвекційному способі сушіння ґрунт ГФ-020 висихає при температурі 100-110°C за 35 хв, а при терморадіаційному методі сушіння цей ґрунт висихає при 100°C за 19 хв, а при 110°C за 15 хв.

Швидкість нагрівання лакофарбового покриття при терморадіаційному сушінні залежить від властивостей самого покриття (теплоємність, коефіцієнт відбиття та ін), від інтенсивності випромінювання та від властивостей виробу, що фарбується (теплопровідність, теплоємність, коефіцієнт відбиття, маса, габаритні розміри, конфігурація).

Сушильні камери бувають тупикові та прохідні – конвеєрні. При розробці режимів сушіння в тупикових камерах слід враховувати зниження температури під час відчинення дверей для завантаження та розвантаження камери, а також швидкість підйому температури до заданої величини.

Ця швидкість може бути мала і змінюватись в залежності від маси завантажених виробів. У разі застосування конвеєрних сушильних камер габарити останніх залежать від швидкості конвеєра та режиму сушіння даного покриття. Якщо вхід і вихід розташовані на одному рівні з камерою, то для зменшення теплових втрат з обох боків створюються повітряні завіси.

Досліди показали, що найефективнішими генераторами інфрачервоних променів є газові пальники. Це інжекційні пальники безполум'яного горіння, у яких джерелом

інфрачервоних променів є керамічна насадка.

Газоповітряна суміш на виході з отвору керамічної насадки (08-10 мм) дає реакцію дрібного вибуху. Внаслідок цього насадка розжарюється до 800-900°C, набуває яскраво-жовтогарячий колір і випромінює інфрачервоні промені довжиною хвилі від 1 до 3 мкм.

Промені, падаючи на поверхню, що висушується, проходять через шар фарби і збуджують коливання молекул підкладки (металу). В результаті руху молекул виникає електромагнітне поле та підкладка нагрівається. Теплові потоки йдуть у зворотному напрямку (назустріч інфрачервоним променям) і процес сушіння починається від підкладки до поверхні покриття.

Плівка фарби висихає з глибини, невисохлого шару всередині покриття не залишається, кірка на поверхні не утворюється. Кисень має вільний доступ до фарби, а пари і гази мають вільний вихід назовні.

Управління камерою з газовими пальниками інфрачервоного випромінювання автоматичне з пульта, розташованого на відстані 5 м. Для відключення газу в аварійних випадках передбачено автоматичну систему безпеки.

Система спрацьовує при падінні чи підвищенні тиску газу, відсутності електроенергії, раптовій зупинці витяжного та припливного вентиляторів. Крім того, пуск газу при невиключеній системі електрозапалювання пальників неможливий.

Витрата газу кожного пальника становить 0,5 м<sup>3</sup>/год, загальна його витрата 65 м<sup>3</sup>/год. Температуру поверхні кузова можна змінювати від 100 до 150°C.

Досвід роботи показав, що в процесі експлуатації, відбивачі в терморадіаційних сушильних камерах покриваються шаром пилу, бруду та плівкою окису, що знижують коефіцієнт відбиття до 15-20 %.

У разі розташування сушильної камери в безпосередній близькості від фарбувальної камери поверхня відбивачів покривається також слідами лакофарбового матеріалу, що веде до різкого зниження відбивної здатності рефлекторів, а отже, і ККД установки. Це призводить до порушення технологічних режимів сушіння лакофарбових покриттів та отримання неякісної лакофарбової плівки.

З метою підтримки відбивачів у належному стані їх необхідно періодично (не менше двох разів на рік) піддавати спеціальної електрохімічній обробці для відновлення їх первісної світлотехнічної характеристики. Параболічні відбивні рефлектори або склепіння зазвичай виготовляють із алюмінію, який попередньо піддається електрополіруванню.

Для захисту поверхні алюмінію від корозії та стабілізації його світлотехнічних характеристик рекомендують покривати відбивне зведення кремнеорганічними або епоксидними лаковими плівками, які є термостійкими матеріалами. Покриття на основі зазначених лаків витримують тривале нагрівання без помітної зміни своїх спектральних характеристик.

На Горьківському автозаводі (Росія) сушіння покриттів здійснюється у сушильних камерах, обладнаних газовими пальниками інфрачервоного випромінювання.

Максимальна потужність опромінення зосереджена в першій точці сушильної установки, що дає швидке нагрівання тіла до заданої температури в початковий момент сушіння.

Такий принцип розподілу питомої потужності в сушильній камері, що називається термоударом, дає значне скорочення часу висихання емалі. На наступних етапах досушування покриття за постійної температури ведеться за рахунок контактного нагріву.

### **15.7 Дефекти в лакофарбовому покритті та способи їх усунення**

Дефекти в лакофарбовому покритті можуть з'явитися в процесі виконання фарбувальних робіт і після сушіння плівки фарби в результаті неправильного або недбалого ведення процесу фарбування та сушіння покриттів, а також в результаті нанесення покриттів у невідповідному доквіллі (підвищена вологість повітря та ін.).

#### **15.7.1 Найчастіше зустрічаються такі дефекти в лакофарбовому покритті**

**Підтікання** внаслідок неправильного застосування фарборозпилювача або нанесення фарби неробочої в'язкості (надто товстий або рідкий шар фарби).

**Різноманітність** внаслідок недостатньо ретельного

перемішування фарби перед вживанням; створення фарб із забруднених компонентів; різних режимів сушіння пофарбованої поверхні.

**Відшаровування плівки фарби** внаслідок поганого очищення поверхні від жирових та інших видів забруднень, а також від вологи; погане очищення повітря, що надходить з масловодовідділювача; пересушування нижнього шару фарби; нанесення нового покриття нітроемалі на непрошліфований нижній шар емалі (у разі фарбування за старою фарбою).

**Плівка фарби погано сохне** внаслідок нанесення фарби за високої відносної вологості повітря або надто товстого шару; нанесення фарби на поверхню, забруднену мінеральними оліями; наявності шару парафіну, що входить до складу змивки, на поверхні, що фарбується.

**Матові плями на фарбі** внаслідок нанесення фарби на поверхню, що не очищена від іржі, окалини або на непросушений шар ґрунту; попадання на плівку фарби мінерального масла; недостатнього очищення стисненого повітря масловодовідділювачем.

**Побілення емалі** внаслідок поганого очищення повітря в масловодовідділювачі; підвищеної вологості повітря чи зниженої температури; влучення води в емаль або розчинник; переміщення недосушеного автомобіля з теплого приміщення до холодного; застосування ацетону для розведення нітроемалі.

**Засмічення лакофарбового покриття** внаслідок нанесення непрофільтрованої фарби; нанесення фарби на покриту пилом або засмічену поверхню; запилення приміщення, де проводиться фарбування.

**Згортання лакофарбового матеріалу** через застосування невідповідного розчинника.

**Пухирці та пори (наколи)** внаслідок нанесення покриття на вологу поверхню або попадання води в лакофарбовий матеріал; припинення очищення повітря масловодовідділювачем; нанесення нового шару фарби на нижній шар, що недостатньо просох, (коли це не допускається технологічним процесом фарбування); підвищеного тиску повітря на фарбу в фарбоагнітальному баку; нанесення лакофарбового матеріалу дуже товстим шаром.

**Шагрень (апельсинова кірка)** внаслідок високого тиску повітря в фарборозпилювачі або високої в'язкості емалі.

**Тріщини** внаслідок нанесення зовнішнього покриття на непросохлий шар ґрунту або шпаклівки; різкої різниці в температурах фарбується поверхні і фарби, що наноситься; нерівномірної товщини шару фарби; недостатня еластичність плівки емалі.

**Нерівна поверхня покриття** внаслідок високої в'язкості робочого складу фарби; надмірного тиску повітря в фарборозпилювачі; приміщення свіжофарбованого автомобіля на холод. Останнє призводить до того, що шар фарби замерзає до того, як він висох.

**Зморшки** внаслідок нанесення покриття товстим шаром або в густому стані при знижених температурах або нанесення фарби на непросохлий шар ґрунту.

**Механічні ушкодження фарби (подряпини, здири)** внаслідок дотику до мокрого шару фарби шланга чи інших предметів.

Як видно з викладеного вище, ті самі дефекти в лакофарбовому покритті можуть виникнути від різних причин, які мають найрізноманітніший характер. Тому дуже важливо, перш ніж приступити до виправлення дефекту, встановити причину його виникнення та перевірити стан покриття загалом.

### **15.7.2 Нижче наведені способи виправлення деяких дефектів**

Незначні патьоки часто вдається видалити після їх повного висихання шліфуванням і подальшим поліруванням. За наявності великих підтікань спочатку обережно видаляють надлишок фарби за допомогою леза безпечної бритви, шліфують пошкоджену ділянку і фарбують її знову відповідно до прийнятої схеми технологічного процесу.

Зафарбовані, але помітні для ока подряпини іноді можуть бути затушовані за допомогою художнього пензлика, змоченого у відповідній емалі. Після висихання та легкого прошкурювання дефекти в пофарбованій поверхні стають ледь помітними для неозброєного ока. Великі та глибокі подряпини, а також здири фарби виправляють підфарбуванням, як зазначено вище.

Шагрень, що з'явилася після полірування свіжофарбованої нітроемалі або через 2-3 дні після фарбування, може бути видалена повторним поліруванням поверхні, що фарбується.

Шагрень, що не піддається виправленню шліфуванням та поліруванням, шліфують водостійкою шкіркою № 3 і знову фарбують дефектну поверхню.

Для запобігання появи дефектів у покритті внаслідок підвищеного тиску повітря, сміття у приміщенні, підвищеної вологості повітря, неправильної робочої в'язкості матеріалу, неправильного режиму сушіння тощо, необхідно суворо дотримуватися вказівок технологічного процесу фарбування, виконувати роботи у відповідному приміщенні та слідкувати за станом фарбувальної апаратури та режимом роботи.

За наявності в барвистій плівці тріщин, зморшок, підвищеної засміченості, відшаровування, бульбашок, пір, липкості (погане висихання) плівку емалі видалюють і наносять новий шар емалі.

### **15.8 Гальванічні покриття**

При капітальному ремонті кузова застосовуються головним чином два види гальванічних покриттів для відновлення декоративного вигляду та захисних властивостей лицьових поверхонь деталей (захисно-декоративне хромування та анодування) та два види покриття для відновлення тільки захисних властивостей неліцьових та кріпильних деталей (цинкування та кадмування).

У цьому розділі передбачається висвітлити лише деякі напрями у підготовці поверхні та в електролітичному осадженні металів, технологія яких освоєна промисловістю та становить інтерес для авторемонтних підприємств.

Для отримання якісного металевого покриття необхідно ретельно підготувати поверхню виробів. Прості види підготовки, що передують осадженню металів, поділяються на механічні та хімічні.

Механічна підготовка застосовується для підвищення чистоти обробки поверхні деталей, що покриваються, і надання їм блиску. Хімічні (або електрохімічні) процеси підготовки полягають у видаленні жирових, масляних та інших забруднень, а також оксидів та продуктів корозії з поверхні металу.

В останні роки впроваджуються методи, що дозволяють отримати блискучі покриття безпосередньо в процесі електролітичного осадження металу за рахунок введення в електроліт блискучого з'єднання, що замінює механічне полірування.

### **15.9 Ультразвукове очищення поверхні**

В останні роки широке застосування отримало очищення деталей ультразвуковим методом, що забезпечує дуже високий ступінь очищення поверхні (недосяжний будь-яким іншим способом) зі значно меншою тривалістю процесу порівняно зі звичайними способами. При цьому способі є можливість повного очищення складнопрофільних виробів, що мають глибокі і глухі отвори малого діаметра.

Ультразвуковий метод очищення заснований на перетворенні високочастотного струму на високочастотні коливання рідини. У цьому методі найважливішу роль грає кавітація. Її дія обумовлена не тільки руйнівною силою ударної хвилі, що виникає при захопленні кавітаційних бульбашок, але й інтенсивними коливаннями бульбашок, що незахлопуються, які руйнують забруднення.

Висока швидкість коливань прискорює хімічні та фізичні процеси, що відбуваються у розчинниках, і тим самим значно прискорює процес знежирення та очищення деталей.

Як робочі рідини при ультразвуковій очистці застосовуються різні органічні розчинники і водні розчини миючих речовин. Останнім віддається перевага, оскільки вони негорючі, не містять токсичних речовин і забезпечують отримання гідрофільної поверхні, а також через їх низьку вартість. Їдкий натр і хромпик застосовуються для очищення забруднених деталей з одночасним пасивуванням.

Особливо широке застосування в промисловості як мийна рідина, отримали розчини, що містять тринатрійфосфат. Ультразвук, як і підвищення температури, посилює емульгувальну дію тринатрійфосфату.

Тому розчини рекомендується застосовувати за максимальних температур, вказаних для робочих рідин. Якщо матеріал поверхні, що очищається, нестійкий до лугів, то



концентрацію тринатрійфосфату знижують до 0,5-2% і знижують температуру розчину.

Оптимальна температура для видалення масляних забруднень – 40-45°C, а при очищенні від твердої полірувальної пасти ~70°C. Ультразвукове очищення можна прискорити, попередньо підігрівавши деталі до температури знежирювальної рідини, тому що при цьому знижується в'язкість жирових забруднень і підтримується постійна температура розчину.

Велике значення при ультразвуковій очистці має також конструкція завантажувальних пристроїв. За даними деяких авторів, дротяні кошики гірше передають ультразвукові коливання, ніж суцільні металеві, якщо отвори сітки більше 6 мм або менше 0,7 мм.

Тому необхідна ретельна обробка технологічного процесу конструкції застосовуваних пристроїв.

Для інтенсифікації процесів у рідких середовищах при ультразвуковій очистці застосовують магнітофрикційні перетворювачі. Для живлення перетворювачів типу ПМС використовуються ультразвукові генератори. Промисловістю випускаються різні типи ультразвукових установок, які працюють у комплексі з ультразвуковими генераторами.

Лампові генератори, що застосовуються в промисловості для отримання ультразвукових коливань, працюють на високій напрузі. Тому при роботі з ними слід дотримуватися всіх правил і норм експлуатації електричних установок.

Генератори повинні мати електричне блокування, яке спрацьовує при їх розкритті; у них має бути світлова сигналізація включення напруження та високої напруги; Підключені до генераторів магнітофрикційні вібратори повинні бути заземлені, а проводи, повинні бути в гумових або хлорвінілових трубах.

Для ослаблення рівня чутного шуму не рекомендується вибирати робочі частоти нижче 22 кГц, тоді як, де це можливо, переходити на більш високі частоти. З цією метою можна застосовувати індивідуальні засоби захисту, як, наприклад, навушники. При високих рівнях шуму слід встановити на ультразвуковій установці звукоізолюючі екрани або кожухи. При роботі на ультразвукових установках у приміщенні повинні бути присутні не менше двох осіб.

## 15.10 Способи нанесення покриттів

Підготовлені деталі навішують на пристрій і подають у відповідні ванни для нанесення покриттів. Хромові покриття у звичайних електролітах відрізняються значною мікроскопічною пористістю, тому призначення їх при захисно-декоративному хромуванні зводиться лише для захисту поверхні від потьмяніння; основний метал захищається від корозії проміжними шарами міді та нікелю.

Однак при хромуванні сталевих виробів, покритих одним нікелем, нерідко спостерігається відшарування хрому разом з нікелем внаслідок дифузії водню в нікель, який містить значну кількість водню.

Безпосереднє хромування мідних виробів або сталевих з мідним прошарком має той недолік, що в порах хрому відбувається корозія міді або мідного сплаву.

З цієї причини сталеві деталі перед захисно-декоративним хромуванням зазвичай покриваються порівняно товстими шарами міді та нікелю, а мідні та латунні деталі піддаються нікелюванню.

Товщина проміжних шарів вибирається в залежності від умов експлуатації деталей і має максимально ізолювати основний метал від впливу на нього навколишнього середовища. Таким чином, до електролітичного осадження хрому при захисно-декоративному хромуванні попередньо наносяться шари міді та нікелю.

Ці гальванічні покриття здійснюються в звичайних електролітах, що широко застосовуються, а також в умовах інтенсифікації процесів електролітичного осадження металів.

Інтенсифікація зазначених процесів та підвищення якості захисних покриттів досягаються за рахунок підвищення металовмісних сполук в електроліті, підвищення температури ванни, введення в електроліт блискучного з'єднання та інших заходів.

Одним з найбільш ефективних способів інтенсифікації гальванічних процесів і підвищення необхідних властивостей захисних покриттів є реверсивний струм, що широко застосовується в даний час (струм змінної полярності).

Сутність реверсування струму у тому, що у процесі

електроосадження металів через короткі проміжки часу, у ванні автоматично змінюється полярність; причому час проходження зворотного струму становить, як правило, невелику частку – близько 10-20 % часу проходження струму у прямому напрямку.

Реверсивний струм характеризується такими параметрами:

- силою струму прямого напрямку (струм катодної поляризації);
- силою струму зворотного напрямку (струм анодної поляризації);
- часом осадження металу (катодний період);
- часом анодної поляризації (анодний період);
- часом спрацьовування контакторів (з урахуванням інерційності перемикаючої системи);
- повним періодом реверсування струму.

Зазвичай часом спрацьовування контакторів нехтують.

Реверсування струму дозволяє підвищити його робочу щільність і поліпшує здатність електроліту розсіювати. Низькі щільності струму, що застосовуються при осадженні металів, обумовлюють малу швидкість гальванічних процесів і вкрай обмежену продуктивність обладнання для покриття.

Спроби здійснювати осадження металів в умовах, що склалися при підвищених щільності струму призводять, як правило, до негативних результатів.

Для отримання якісного металопокриття велике значення мають рівномірність розподілу електролітично обложеного металу. Місцеві відмінності у товщині покриття залежать від багатьох факторів.

Ці відмінності тим більше, що складніше профіль виробу. Нерівномірність товщини гальванічних покриттів на різних ділянках виробів зі складною конфігурацією пояснюється, перш за все, неоднаковим опором між анодом та різними катодними ділянками, а отже, різною щільністю струму на цих ділянках.

Ступінь перерозподілу струму і металу на поверхні катода (анода) при електролізі у бік більшої рівномірності їх характеризує здатність електроліту, що розсіює.

Розсіювальна здатність означає властивість електроліту сприяти рівномірному відкладенню металу на поверхні виробу, що покривається. Рівномірні покриття отримують вибором

електроліту необхідного складу, температури і щільності струму, а також застосуванням суто механічних прийомів – надання анодам форми виробів, що покриваються, збільшення відстані між анодними і катодними штангами, використанням додаткових (захисних) катодів та ін.

Електроосадження міддю на заводах промисловості здійснюється в ціаністих та сірчаноокислих електролітах. Недоліками сірчаноокислих електролітів є їх незначна здатність розсієння, і неможливість отримання опадів безпосередньо на виробах зі сталі або цинкового сплаву, що міцно зчіплюються з основним металом.

Тому вироби, виготовлені з цих металів, попередньо покривають міддю в ціаністих електролітах, після чого міднення продовжують в сірчаноокислому електроліті.

Важливою проблемою, що стоїть перед промисловістю і особливо перед авторемонтними заводами, які не мають можливості застосовувати ціаністі електроліти, є заміна останніх більш простими і неотруйними.

Для процесу електролітичного міднення такими електролітами можуть бути аміачні. Аміак з міддю утворює міцні комплексні сполуки двох типів: закисне – безбарвне, та окисне – темно-синього кольору.

Для поліпшення зовнішнього вигляду, структури покриттів, міцності зчеплення і зниження пористості в електроліт вводиться одна з наступних речовин: лимоннокислий амоній двох- або тризаміщений 10-20 г/л, амоній виннокислий середній 10-20 або амоній щавлевий 10<sup>-3</sup>.

Швидкість осадження міді становить 25-40 мкм/год. Деталі після повільності ретельно промивають до повного видалення електроліту з поверхні, інакше в порах покриття можлива поява точок корозії.

Для нарощування шару в сірчаноокислих електролітах після аміакатного міднення застосовується електроліт, що складається з сірчаноокислої міді – 200 г/л та сірчаної кислоти – 50-75 г/л. Ця ванна працює без перемішування та підігріву при щільності струму 1-2 а/дм<sup>2</sup>.

**Нікелювання.** Нікелеві покриття до сталі є катодними, тому їх захисні властивості в основному визначаються пористістю.

Головним засобом отримання нікелевих покриттів з мінімальною пористістю при нікелюванні у звичайних складах електроліту є збільшення товщини покриття.

Тому при захисті сталі нікель наноситься шаром порівняно великої товщини на раніше отриманий підшар міді. Встановлено також, що захисні властивості покриттів зростають, якщо мідний прошарок полірується.

**Хромування.** Особливості хромування порівняно з іншими гальваностегічними процесами полягають у наступному: головним компонентом електроліту є хромової кислота, а не сіль хрому; з підвищенням концентрації хромової кислоти або з підвищенням температури хромового електроліту вихід струму значно знижується, у той час як у більшості інших процесів вихід струму за цих умов підвищується; з підвищенням щільності струму вихід струму підвищується.

Найбільше себе виправдали в практиці такі склад електроліту та режим роботи при захисно-декоративному хромуванні з підшаром: хромовий ангідрид 200-250 г/л та сірчана кислота 2,0-2,5 г/л; катодна щільність струму 30-60 а/дм<sup>2</sup> температура ванни 45-50°C. При дотриманні цього режиму хромування, покриття виходять блискучими та не вимагають полірування.

Позитивні результати відповідно до наведеного режиму роботи можуть бути отримані при напрузі 10-12 В.

Застосовуваний нині на деяких сучасних заводах більш прогресивний спосіб захисно-декоративного хромування в тетрахроматном електроліті (без підшару міді і нікелю) дозволяє отримувати на постійному струмі практично безпористі покриття. Тетрахроматним цей електроліт називається тому, що при введенні до нього їдкого натру утворюється тетрахромат натрію.

Особливістю режиму роботи цієї ванни є низька температура електроліту, яка коливається не більше 18-22°C.

При температурі більше 24°C тетрахромат нестійкий, внаслідок чого втрачаються його властивості. Перевага тетрахроматного хромування в порівнянні з хромуванням, що застосовується в даний час на більшості заводів, полягає в тому, що він дозволяє вести осадження покриттів при кімнатній температурі та інтенсифікувати процес хромування внаслідок

великого виходу струму (28-30 % проти 13-15 % при звичайному хромуванні) і більшої розсіюючої здатності і, крім того, опади хрому, отримані при тетрахроматном хромуванні (за умови дотримання заданих режимів), характеризуються безпористістю та порівняно низькою мікротвердістю.

Для приготування електроліту в робочій ванні розчиняють потрібну кількість хромового ангідриду, а в окремій посудині – їдкий натр. Після повного остигання розчин лугу поступово при перемішуванні вливають у розчин хромового ангідриду.

Потім додають розведену сірчану кислоту і проробляють ванну за високої анодної щільності струму для накопичення невеликої кількості (не менше 7-8 г/л) тривалентного хрому.

Замість такого опрацювання ванни для прискорення процесу відновлення хромового ангідриду можна додати електроліт цукру 3 г/л або глюкози 2 г/л.

Процес хромування ведеться за щільності струму 20-30 а/дм<sup>2</sup>. Тетрахроматне хромування здійснюється у сталевих ваннах без футерування. Для підтримки низької температури електроліту потрібно хороше охолодження ванни.

Тому застосовують ванни з водяною сорочкою. Аноди для тетрахроматного хромування виготовляють із чистого свинцю або зі сплаву свинцю та 3 % сурми.

Оскільки в процесі електролітичного осадження хромові покриття утворюються сірого кольору, для надання їм блиску вироби полірують. Застосовуючи при тетрахроматному хромуванні реверсивний струм, можна полегшити полірування покриття.

***Декоративне хромування деталей із цинкових сплавів.*** У сучасному легковому автомобілебудуванні багато деталей кузова виконується литтям із цинкових сплавів із подальшим декоративним покриттям.

Наприклад, для автомобіля Волзького автозаводу із цинкового сплаву виготовляється понад 20 деталей загальною вагою 6,5 кг. До них відносяться ручки дверей, поворотних кватирок, склопідйомників, фірмові знаки та ін.

***Схема технологічного процесу хромування деталей з цинкового сплаву складається з наступних операцій:*** хімічне знежирення, промивання у теплій воді, електрохімічне

знежирення, промивання у теплій воді, промивання у холодній воді, декапування, дворазове промивання в холодній воді, попереднє міднення, міднення ціаністе блискуче, уловлювання, дворазове промивання в холодній воді, нікелювання блискуче, уловлювання, дворазове промивання в холодній воді, хромування, вловлювання, промивання у гарячій воді, сушіння.

#### ***Анодне оксидування деталей з алюмінію та його сплавів.***

Під оксидуванням розуміють процес створення окисних плівок поверхні деталей. Утворена в процесі оксидування на поверхні плівка має більш високу хімічну стійкість, ніж метал деталі, що захищається.

При оксидуванні алюмінію та його сплавів підготовка деталей до анодної обробки зводиться до знежирення, поєднаного з травленням. Ця операція здійснюється в розчині, що містить 40-50 г/л тринатрійфосфату і 8-12 г/л каустичної соди при температурі обробки 60-70°C витримці не менше 2-3 хв.

При травленні алюмінієвих сплавів, наприклад дюралюмінію, на поверхні деталей залишається чорний наліт легуючих компонентів – міді, домішок та заліза. Освітлення деталей з метою видалення нальоту здійснюють в 10-15 % розчині азотної кислоти зануренням їх на кілька секунд.

Анодування здійснюють у 20 %-вому розчині сірчаної кислоти (питомої ваги 1,84) при температурі розчину 15-20°C анодної щільності струму 1-2 а/дм<sup>2</sup>. Для нормального перебігу процесу електролізу напруга має бути в межах 10-20 В.

Рекомендований час витримки деталей у розчині 10-20 хв. Протягом цього часу на поверхні деталі утворюється оксидна плівка завтовшки 4-5 мкм. Щоб збільшити корозійну стійкість оксидної плівки, деталі пасивуються в розчині хромпіку (100 г/л) при температурі 80-90°C протягом 10 хв.

***Цинкування та кадмування.*** За своїми властивостями кадмій близько стоїть до цинку. Кадмієві покриття відрізняються м'якістю і лише трохи перевершують твердістю олов'яні покриття. Це дозволяє успішно використовувати кадмій для покриттів різьбових деталей, забезпечуючи їхню свинчуваність.

Цинкування на авторемонтних заводах проводиться у кислих та аміакатних електролітах. Сульфатні кислі електроліти прості за складом, стабільні в роботі, не вимагають спеціальної

вентиляції та підігріву. Вихід струму в цих електролітах становить 96-98 %.

Дослідженнями встановлено, що застосування реверсування струму електролітичного осадження цинку в сірчанокиислому електролізі дозволяє підвищити робочу щільність струму.

Кислотність електроліту при осадженні цинку реверсованим струмом повинна бути вищою, ніж при цинкуванні на постійному струмі, щоб запобігти дендритоутворенню при електрокристалізації цинку. Цій умові задовольняє електроліт прийнятого складу  $\text{pH}^3$ .

Кадмування у сірчанокислих електролітах струмом змінного напрямку вивчено недостатньо. Передбачається, що реверсування струму за певних умов може мати позитивний вплив на захисні властивості кадмієвих покриттів та їх фізичні властивості.

### **15.11 Застосування полімерних матеріалів в якості покриття**

На промислових підприємствах країни все більшого поширення набувають захисно-декоративні покриття на основі полімерних матеріалів. Особливе значення має (застосування таких покриттів замість хромопідшарів при обробці такої масової деталі, як дужки шин сидінь автобусів.

В даний час на авторемонтних заводах застосовуються два основних методи нанесення полімерних покриттів, що цілком виправдали себе на виробництві – вихровий та метод нанесення спеціальних складів на основі епоксидної смоли.

Сутність вихрового методу полягає в наступному: металеву деталь, нагріту трохи вище температури плавлення пластмаси, занурюють на кілька секунд у зважений (киплячий) шар порошкоподібного матеріалу, завихреного в спеціальній камері стисненим повітрям. Порошок прилипає до гарячої поверхні деталі та оплавляється, утворюючи рівномірне покриття різної товщини. Необхідне забарвлення покриття досягається додаванням в порошок 2-6 % належного барвника (пігменту).

Для декоративних покриттів зазвичай застосовують поліетилен високої щільності і полівінілбутираль, для цієї мети придатні також поліамідні смоли барвників, використовують головним чином мінеральні пігменти, які повинні підбиратися з



урахуванням властивостей полімеру та умов експлуатації декоративного покриття.

Один і той самий пігмент в одних полімерах може бути світломіцним, а в інших – знебарвлюватися, прискорювати або сповільнювати окиснення. Пігменти, що застосовуються, повинні володіти певним ступенем дисперсності, від якої залежить якість забарвлення, чистота тону, рівномірність розподілу, інтенсивність і світлостійкість.

Для отримання покриттів білого кольору з поліетилену високої густини рекомендується вводити 5 % двоокису титану жовтого кольору, 1-2 % жовтого кадмію, 2 % окису хрому зеленого.

Пігменти вводяться в розплав полімеру або в змішувачі, або на вальцах. Забарвлення порошкоподібних полімерів можна здійснювати також у шнеку у процесі грануляції.

Для запобігання пористих перегородок в установках вихрового наплення з повсті та інших еластичних матеріалів від здуття та руйнування, їх укладають між двома жорсткими металевими сітками.

## 16 ВИПРОБУВАННЯ КУЗОВА

Оскільки конструювання кузова багато в чому спирається на практичний досвід, а стилістичні вимоги дуже багатогранні, і, крім того, численні конструкторські завдання, незважаючи на деякі успіхи (перш за все, експлуатаційна міцність та коливальні властивості), не піддаються точному розрахунку, то ґрунтовні випробування та оцінка конструкції мають величезне значення.

Тут маються на увазі не тільки випробування, що проводяться для з'ясування властивостей кузова при ударі, але і всі ті дослідження та перевірки, які відносяться до працездатності, експлуатаційних властивостей та терміну служби. Застосовуючи сучасні методи імітування в лабораторних умовах, можна істотно скоротити час проведення випробувань порівняно з дорожніми випробуваннями, що широко використовувалися раніше, без яких, проте, і в даний час іноді не можна обійтися.

Так як ці випробування в основному стосуються каркаса, навісних та приварних вузлів, оснащення кузова, і практично не стосуються лицьових панелей та форми кузова, то роботи з виготовлення штампів для їх виробництва (для таких деталей, як дах, двері, боковини тощо), які потребують особливо багато часу, можуть продовжуватися без затримок.

Випробування поділяють на лабораторні та дорожні. Лабораторні дослідження дещо випереджають дорожні випробування і починаються в той момент, коли є хоча б один дослідний кузов (прототип). Дорожні випробування проводяться тоді, коли є кілька дослідних автомобілів. Дуже часто буває необхідно повторити обидва види випробувань для другої серії дослідних автомобілів, в які внесено багато змін. Звичайно, всі дослідні роботи та випробування повинні проводитись відповідно до графіка проведення випробувань, узгодженого із загальним графіком розробки автомобіля.

### 16.1 Випробування в лабораторних умовах

До цього виду випробувань здебільшого відносять такі:

- випробування міцності найважливіших деталей, наприклад дверних замків та петель, бамперів тощо.

Частково це необхідно для виконання існуючих правил безпеки. Випробування на удар (деформаційні властивості кузова) не входять до таких досліджень, вони проводяться окремо;

- статичні випробування кузова на межу міцності при згині та крученні, вимірювання напруги в критичних місцях;
- динамічні випробування, що проводяться у двох напрямках дослідження коливальних властивостей кузова (тут і нижче під терміном коливальні властивості кузова маються на увазі динамічні характеристики кузова як складної коливальної системи) та перевірка експлуатаційної (втомної) міцності;
- тривалі випробування на працездатність окремих вузлів, наприклад, очищувача та змивача вітрового скла, замків, викиначів, сидінь тощо;
- технологічні випробування та випробування матеріалів, зокрема перевірка корозійної стійкості різних вузлів із захисним покриттям поверхні та без нього, перевірка в умовах тропіків та півночі різних матеріалів, наприклад облицювань, гумових ущільнювачів, а також властивостей емалей при тривалому впливі світла, тонованого скла, тканин, перевірка на придатність до експлуатації матеріалів ущільнювачів, молдингів.

З цього різноманіття робіт нижче розглянуті лише найважливіші види випробувань, пов'язані з особливостями навантажень, що діють на кузов у процесі експлуатації.

#### **16.1.1 Статичні випробування каркаса кузова**

Жорсткість кузова значно впливає на ходові якості автомобіля. Крім того, в процесі експлуатації не повинно виникати надмірних пружних деформацій, наприклад, у дверях, на кришці багажника та ін., щоб їх працездатність зберігалася і при критичному навантаженні (сильне скручування) і щоб не виникали шуми при експлуатації автомобіля.

У загальному випадку вертикальний прогин каркаса кузова, заміряють при додаванні до кожного сидіння навантаження, що дорівнює приблизно половині ваги однієї людини, а скручування

– при певному крутному моменті. Опорними точками є центри передніх і задніх коліс. Проведення випробувань на прогин та скручування показано на рис. 16.1 та 16.2.



Рисунок 16.1 – Статичні випробування каркаса кузова



Рисунок 16.2– Випробування на жорсткість при згині

При першому випробуванні вимірюються загальний прогин та деформація дверних отворів. При статичному випробуванні на кручення довільно вибирається будь-яка одна опорна точка кузова, що випробовується, найчастіше в передній частині, і для імітації навантаження прикладається крутний момент за допомогою поперечки з противагою. Потім вимірюється жорсткість кузова на кручення. Жорсткість на кручення кузова має перевищувати  $30\,000\text{ Н}\cdot\text{м}/^\circ$  на 1 м довжини (зазвичай нормується мінімальна жорсткість кузова не більше діапазону  $5\,500\text{--}6\,500\text{ Н}\cdot\text{м}/^\circ$ . Верхня межа жорсткості не обмежується).

Використовуючи ці статичні випробування, можна швидко знайти слабкі місця каркаса кузова і потім посилити їх. Нагадаємо, що випробування на безпеку, тобто перевірка деформаційних властивостей кузова в цілому та його найважливіших внутрішніх деталей, повинні проводитися щонайменше одночасно з наведеними вище статичними випробуваннями, так як у зв'язку зі змінами конструкції, з метою підвищення безпеки можуть сильно змінитися величина прогину і кут закрутки.

Дані статичні виміри рекомендується повторювати на готовому кузові, оскільки з установкою скла та інших внутрішніх елементів (облицювань, оббивок дверей) істотно змінюється жорсткість; у загальному випадку вона збільшується. Крім того, випробування безпеки слід додатково повторити на зібраному автомобілі.

### **16.1.2 Динамічні випробування**

Поряд зі статичними властивостями кузова, велике значення мають і його коливальні властивості. Вони є визначальними у забезпеченні хорошого самопочуття людини в автомобілі, а також впливають на динамічні властивості та опір втоми кузова легкового автомобіля.

Колівальні властивості кузова. На кузов у процесі його експлуатації діє велика кількість знакозмінних сил, які збуджують коливання в широкому діапазоні частот. Несуча, тобто безрамна конструкція, особливо схильна до передачі таких коливань, що виявляються у неприємних шумах і вібраціях.

Джерелами коливань можуть бути такі вузли і агрегати:

- силовий агрегат, включаючи систему випуску відпрацьованих газів;
- трансмісія, особливо при приводі на задні колеса та двигуни, розташовані спереду (і перше, і друге є джерелом вібрацій та шуму);
- передня та задня підвіски;
- колеса та шини, що створюють вібрації через нерівності дороги та дефекти шин;
- власне кузов (шуми від обтікання повітрям та збуджені коливання).

Всі ці коливання різними шляхами, наприклад, через опори двигуна, карданного валу і підвісок, а також через рульове управління, сидіння, та інші деталі кузова передаються на людей, що сидять в автомобілі, і викликають у них неприємні відчуття.

Залежно від частоти коливань розрізняють вібрації (частота приблизно 20-50 Гц) та акустичні коливання (100-4000 Гц) у формі механічного (корпусного) або повітряного шуму.



Рисунок 16.3 – Динамічні випробування кузова

Метою досліджень коливальних властивостей кузова, які

повинні проводитися як на чорному, так і на оббитому кузові, є усунення неприємних впливів на людину. У принципі це можливо здійснити такими трьома шляхами:

- усунення або зменшення збуджуючих коливань;
- перериванням або утрудненням передачі коливань;
- ізоляцією або гасінням коливань, насамперед акустичних.

В результаті зазначених досліджень отримують результати, які накопичуються і служать основою для порівняння різних конструкцій, наприклад, що знову розробляються з існуючими.

Крім того, завдяки цьому на ранній стадії випробувань можна визначити критичні місця кузова і своєчасно внести необхідні зміни.

Щоб краще пояснити необхідність вживання додаткових заходів, щодо зменшення схильності кузова до коливань і усунення резонансів, нижче на прикладах дано відомості про види і характеристики найважливіших збудливих сил, які дозволяють отримати загальне уявлення про різноманіття засобів придушення коливань і про їх складні взаємозв'язки.

Причиною того, що силовий агрегат є збудником коливань, є сили інерції та моменти другого порядку, що діють у двигуні, які відсутні тільки в рядних двигунах з числом циліндрів більше 6.

До цього можна віднести похибки врівноваження двигуна, що створюють сили і моменти першого порядку. Діапазон частот коливань загальноприйнятих нині частот обертання колінчастого валу двигуна полягає між 100-200 Гц. Крім того, збуджуються коливання пов'язані з порядком роботи циліндрів двигуна.

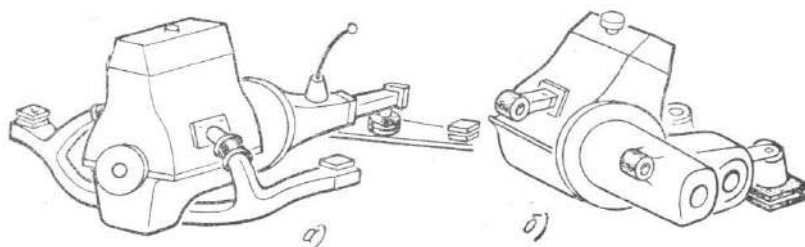
Також виникають шуми від згоряння палива та переміщення елементів кривошипно-шатунного механізму – першого та другого порядку та з високими частотами (до 400 Гц).

Ці коливання переважно передаються опорами підвіски двигуна, тому їхнє розташування і конструкція мають особливе значення. Переважно головні опори подовжньо розташованого двигуна, які, як правило, знаходяться біля центру тяжіння силового агрегату, розміщувати на ізольованій поперечці передньої підвіски (яка є майже завжди), а не на передніх лонжеронах; у цьому випадку відбувається подвійне переривання коливань (ізоляція) на шляху їх передачі.

Підвіска задньої частини двигуна в найпростішому випадку здійснюється за допомогою опори, що встановлюється на задньому кінці коробки передач, причому опора кріпиться до підлоги (тунелю) не безпосередньо, а через легку поперечину до жорстких лонжеронів, що розташовані поруч. Установка двигуна під кутом зменшує вертикальні сили, що передаються на кузов, що є певною перевагою.

При поздовжньому розташуванні двигуна ззаду його опори розташовуються аналогічно. У разі поперечного розташування двигуна зазвичай використовують три або чотириточкову підвіску (рис. 16.4).

При будь-якій підвісці двигуна, особливо при м'якій, внаслідок відносних переміщень силового агрегату і кузова може з'явитися небажана зворотна передача коливань, з якою можна боротися шляхом установки додаткових амортизаторів.

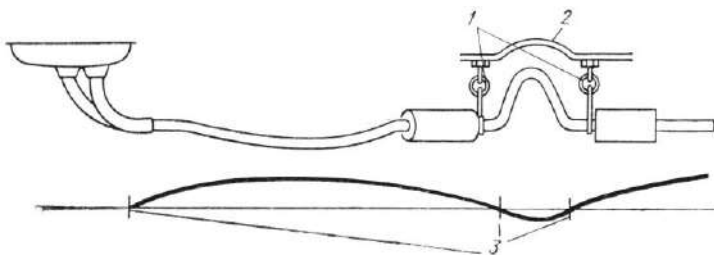


- а – триточкове кріплення поздовжнє розташування двигуна, привод на задні колеса;
- б – трьох або чотириточкове кріплення, поперечне розташування двигуна; привод на передні колеса

Рисунок 16.4 – Різні схеми підвіски двигуна

Система випуску відпрацьованих газів, як правило, має кілька частот власних коливань. Коливання, джерелом яких вона є, складаються з акустичних коливань (шум випуску) та вібрації власне системи. Щоб досягти мінімальної передачі цих коливань, слід визначити форму коливань системи випуску відпрацьованих газів, тобто трубопроводу (при двигуні, розташованому спереду), кріплення якого має здійснюватися у вузлах коливань або поблизу них (рис. 16.5).





1 – підвіска; 2 – підлога кузова; 3 – вузли коливань

Рисунок 16.5 – Згинальні коливання системи випуску відпрацьованих газів

Всі згадані сили збудження залежать від частоти обертання колінчастого валу двигуна та крутного моменту, тобто від потужності. Коливання, що збуджуються трансмісією при приводі на задні колеса і двигуні, розташованому спереду, дуже важко усунути, у той час як при приводі на передні колеса і задньому розташуванні двигуна виникає менше проблем з усуненням коливань.

Збурювальні сили, що виникають через залишковий дисбаланс карданного валу, викликають згинальні коливання, величина і частота яких залежать від розмірів валу (довжина, діаметр) і жорсткості вузлів, що з'єднуються ним (коробка передач, задній міст). Крутильні коливання відіграють другорядну роль. З іншого боку, велике значення мають кути між валами, що з'єднуються в карданних шарнірах, так як при будь-якому поздовжньому вигині в шарнірах виникають нерівномірні переміщення і поздовжні сили, які викликають коливання всього валу, шарніри рівних кутових швидкостей можуть запобігти збуренню тільки від сил першого порядку).

Від коліс та шин через підвіску на кузов передаються дуже великі знакозмінні сили, внаслідок чого збуджуються коливання. Причиною виникнення цих сил є не лише нерівності дороги, які змушують колеса здійснювати коливальні рухи, а й, насамперед, некруглості, відхилення від форми, биття та дисбаланси шин та коліс, а також диска (барабана) гальм. Нерівності дороги зазвичай є імпульсами для вертикальних коливань колеса, що сильно

демпфуються, які викликають дратівливі коливання кузова, коли мають частоту власних коливань підвіски. Однак ці коливання можуть викликати неприємні брязкіт і стукіт. Дані коливання залежать тільки від параметрів підвіски (жорсткість пружних елементів, демпфування, маса), тому їх слід досліджувати особливо ретельно, оскільки вони впливають на комфорт і стійкість автомобіля на дорозі.

Дослідження подібних коливань полягають у визначенні їхньої форми на дорозі та при імітуванні на вібростенді за допомогою пульсатора (рис. 16.6).

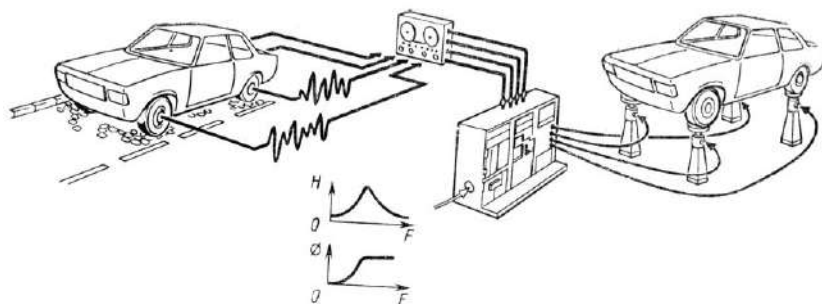


Рисунок 16.6 – Відтворення руху колеса є функцією амплітуди і фази

Досліджуючи ізоляцію мосту та його демпфування, можна з'ясувати їхній вплив. Набагато складніше боротися зі збудженнями коливань складальним вузлом шина – колесо, тому що вони виникають залежно від швидкості автомобіля не тільки на основній частоті, а й частоті гармонік вищого порядку. При виготовленні, балансуванні коліс та шин, потрібна особлива ретельність у дотриманні параметрів, що впливають на коливальні властивості.

Так як збудливі сили найчастіше виникають в результаті відхилень радіальної сили, що діє на кожне колесо, а також внаслідок відмінностей динамічних радіусів шин (вплив тиску повітря в шині) і змінюються синхронно або знакозмінно, виникають коливання кузова, що виявляються в деренчанні, вібраціях, і тремтіннях.

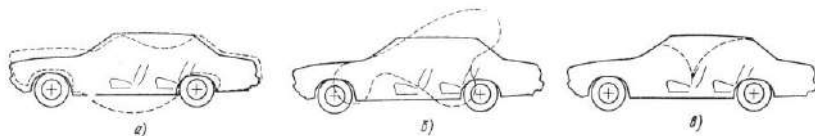
Якщо коливання, що виникають від непереборного залишкового дисбалансу шин і відхилень їх формою, збігаються з частотою власних коливань підвіски, що завжди відбувається у межах діапазону експлуатаційних швидкостей, то утворюються області особливо неприємних критичних швидкостей, у яких з'являється тремтіння тощо, і в які часто входять найзастосовніші швидкості (рух автострадою). На жаль машини зі знімним протектором, що так добре зарекомендували себе багато в чому іншому, особливо схильні до даного явища. Коливання відбуваються із частотою до 30 Гц (першого порядку).

Як реагує кузов на ці джерела коливань? Щоб відповісти на це питання, необхідно провести дослідження коливальних властивостей кузова, яке здійснюється подібно до статичного дослідження, спочатку для чорного кузова з дверима, щоб відшукати і ліквідувати грубі помилки.

Однак дослідження коливальних властивостей необхідно повторювати на оббитому кузові з внутрішнім обладнанням і сидіннями, так як його коливальні властивості завжди суттєво відрізняються від властивостей чорного кузова, а саме: щодо крутильних коливань показники можуть відхилятися приблизно на 15%, для згинальних коливань приблизно на 25 %, що є наслідком збільшення маси. Необхідно також перевірити можливість самозбудження навісних деталей (наприклад, сидіння, дзеркала заднього виду тощо), яке обов'язково слід

усунути. У зв'язку із досить широким діапазоном частот це здійснити складно.

На рис. 16.7 схематично показано кілька видів резонансів, що виникають у кузові, та його реакції на них. Передача коливань джерел відбувається або механічно через сполучні ланки, або акустично. Однак у салоні більшість коливань перетворюється на акустичні, тобто у чутні повітряні коливання із широким діапазоном частот.



а – згинальні та крутильні коливання кузова  
з частотою 18-40 Гц (кузовний резонанс);

б – вторинне збудження коливань «пасажирського  
осередку» з частотою 50-1500 Гц (кузовний резонанс);

в – акустичний резонанс в салоні  
(повітряний шум) з частотою 80-150 Гц

Рисунок 16.7 – Основні джерела виникнення  
резонансу в автомобілі (перетворення на звукові хвилі)

Завданням інженера-випробувача є виявлення резонансів та аналіз їхнього походження. Дію резонансу послаблюють шляхом неузгодженості або ізоляції або зменшення амплітуд (демпфування). Коливання із частотою 35-300 Гц передаються переважно механічно, і з частотами від 300 Гц до кількох тисяч герц – акустичним шляхом.

Спершу слід визначити основну власну частоту чорного кузова. Для цього його слід встановити на випробувальний стенд, використовуючи як опорні точки місця, які пізніше будуть служити для опор пружних елементів або підвісок.

За допомогою електромагнітного вібратора, що впливає, наприклад, на передні кінці лонжеронів, збуджуються коливання кузова – як згинальні (однаково спрямовані), так і крутильні (знакозмінні). Існує багато місць, у яких з'являється резонанс, особливо під час кручення. У наведеному випадку потрібне посилення основних деталей (лонжеронів, стійок, вузлових

місць). Аналіз коливань в області низьких частот дає конструктору інформацію про те, які деталі слід змінити, а розрахунком за методом кінцевих елементів можна швидко визначити найбільш прийнятний вид зміни, який при мінімальних витратах матеріалу буде найефективнішим.

По зображенню форми коливань можна будувати висновки, де слід розташовувати місця кріплення основних джерел коливань (підвіски двигуна і автомобіля). Як правило, їх розміщують поблизу вузлових точок.

Описані дослідження повинні бути проведені наскільки можна на ранній стадії розробок, щоб відповідні зміни були враховані в дослідних кузовах, що виготовляються трохи пізніше, тоді коливальні властивості кузова вдається перевірити ще раз.

Оскільки кузов не є простою одномасовою коливальною системою, а складається з багатьох елементів, необхідно провести точний аналіз окремих коливань різних груп деталей при основних частотах збудження, що передаються в певних точках. Для цього кузов збуджується в критичних точках (наприклад, задня підвіска двигуна, центральна опора карданного валу, опори важелів підвіски, розташовані на підлозі) за допомогою вібраторів в області середніх частот (50-400 Гц) і визначаються окремі резонанси і місця з найбільшими амплітудами коливань.

Прийняттям певних конструктивних заходів необхідно домогтися, щоб у знайдених точках власна частота кузова не знаходилася в експлуатаційній області, так як дані коливання лежать у чутній області і викликають, наприклад, деренчання, що передає середовище (повітря або інше звукопровідне тіло).

Щоб встановити джерело шуму, несприятливого для людини, яка знаходиться в автомобілі, необхідно перевірити вплив звуку за допомогою мікрофонів, встановивши їх на рівні вух.

В даному випадку необхідно збільшити жорсткість, щоб гарантовано перевищити експлуатаційну частоту збудження (приблизно 19 Гц), причому врахувати, що у готового автомобіля у зв'язку з приєднанням додаткових мас (сидіння, килимки) власна частота менше (приблизно на 20-25 %).

Іноді не вдається достатньою мірою усунути сильні (резонансні піки шляхом узгодженості власних частот

(відповідним посиленням або ослабленням), особливо якщо потужність коливань велика (великі швидкості коливань). У цьому випадку найнебажаніші піки резонансу можна придушувати за допомогою спеціальних «гасників», налаштованих на певну частоту

Гасник представляє масу що еластично спирається, яка на обраній частоті сама починає коливатися в антифазі, зменшуючи таким чином збуджене коливання, тому при їх застосуванні не виключена можливість того, що інші пікові коливання будуть посилюватися, і їх також потрібно буде пригнічувати.

Отже, виключення коливань за допомогою «гасника» є проблематичним. У процесі досліджень коливальних властивостей на низьких та середніх частотах нерідко можна помітити, що крім всього каркаса самостійно коливаються деякі деталі, критичні з погляду коливальних властивостей, такі як панелі підлоги, кришка багажника, капот, двері.

Хоча і ці деталі при обладнанні кузова можуть змінити свої коливальні властивості (на жаль, найчастіше це виявляється у зменшенні власної частоти), проте описані вище дослідження на чорному кузові дають уявлення про те, де бажано або необхідно відразу усунути недоліки.

Положення можна відносно просто поліпшити запровадженням виштамповок і заглиблень у великих панелях підлоги та багажника, тобто шляхом збільшення твердості. Такі виштампування слід розташовувати таким чином, щоб конструкція ефективно протистояла коливанням у будь-якому напрямку.

Розташування заглиблень та жолобків «ялинкою» є найкращим. Складніше вирішити це завдання для зовнішніх лицьових панелей таких, як дах, капот, двері та ін., якщо дизайнер не усвідомлює проблеми і з самого початку не передбачає підвищення жорсткості панелей надання їм достатньої кривизни або декоративних підштамповок, які в даний час переважно і застосовують.

Якщо це виявиться не передбаченим, то підвищити жорсткість панелей, що коливаються, можна шляхом попереднього натягу за допомогою підсилювачів і застосуванням прокладок що розширюються, або клейового з'єднання

зовнішньої і внутрішньої панелей. У деяких випадках, наприклад для дверей, це виконати неможливо, тоді слід наклеювати або напилювати демпфуючий матеріал. Однак рівень шуму вимірюється лише на готовому автомобілі (про це написано нижче).

Останнім пунктом аналізу коливальних властивостей є дослідження області високих частот приблизно 400-4 000 Гц. До цієї області відносяться, як правило, механічні (корпусні) або акустичні шуми, які випромінює двигун або коробка передач (шуми, що виникають в результаті процесу згоряння, роботи клапанів, системи випуску відпрацьованих газів, шестерень коробки передач).

Оскільки ці шуми неможливо погасити додатковим посиленням ізоляції джерел коливань, необхідно вживати додаткових заходів. Для зменшення обох видів шумів можна використовувати як додаткову віброшумоізоляцію, так і демпфування (поглинання) коливань.

Для цього на більшість деталей (щиток передка, панелі підлоги, дах, двері, капот та ін.), що передають шум, поміщають шумоізоляційний матеріал у вигляді одношарових або багатошарових матів, які в області частот (500-6 000 Гц) мають коефіцієнт згасання 30-50 дБ.

Можна застосовувати приклеювані або напилювані покриття з шумопоглинаючого або шумоізолюючого матеріалу, що має коефіцієнт втрат 0,1-0,2, що залежить від виду матеріалу та його маси, коефіцієнт поглинання близько 90 % в діапазоні частот 250-4000 Гц. Інженер-випробувач, працюючи спільно з фахівцями спеціалізованих фірм, повинен знайти найвідповідніші шумоізолюючі матеріали та місця їх розміщення.

Дуже ефективна в цьому відношенні та часто застосовується в даний час «шумопоглинаюча ванна», яку утворює комбінація вищезгаданих матеріалів. Шумопоглинаюча ванна дозволяє здійснити звукоізоляцію всієї підлоги.

З коливаннями можна боротися також шляхом подвоєння товщини матеріалу, наприклад приварюванням (точковим зварюванням) у деяких місцях листів металу, причому збільшення маси вдвічі зменшує рівень шуму на 6-8 дБ.

Зауважимо, що будь-яка ретельна перевірка коливальних

властивостей автомобіля в лабораторних умовах не зможе замінити остаточну перевірку в умовах дорожніх випробувань, і про них написано нижче. Контроль якості виготовлення – єдиний шлях досягнення цієї мети.

## **16.2 Динамічне випробування міцності кузова**

Другою метою досліджень вібраційних властивостей в лабораторних умовах є моделювання змінних навантажень, що виникають у реальних умовах експлуатації автомобіля на нерівних дорогах. Під час досліджень визначається експлуатаційна міцність чи опір втоми. Для цього найкраще чинити так.

Так як навантаження, що діють від полотна дороги, є несиметричним рядом знакозмінних сил різної величини і частоти, то записуються ті дані про навантаження (тип, величина, відносна частота), які відрізняються на «вимірювальній ділянці» від даних, що характеризують рух по шосе.

Для цього дуже добре підходять ділянки дороги з постійними характеристиками полотна, які зазвичай є на випробувальному полігоні більшості великих фірм. В результаті комбінування «випробувальних доріг» з різними властивостями можна отримати програму навантаження, яка, виходячи з накопиченого досвіду, буде відповідати «тривалому пробігу із середніми навантаженнями» (наприклад, 100 тис. км), але відрізнятиметься від нього тим, що час пробігу скорочується у 3-10 разів щодо нормальних умов експлуатації.

Таким комплексом навантажень, записаним на магнітні стрічки, навантажуються чорний або оббитий кузов, або дослідний автомобіль, встановлений на стенд. Навантаження здійснюється за допомогою пульсатора, що включається програмним управлінням у точках, що використовувалися при вимірах на дорозі.

Автомобіль (або кузов) під дією цих навантажень піддається трясці. Якщо в ході попередніх випробувань визначені ослаблені зони, то за допомогою концентрованих випробувань на знакозмінні навантаження можна виявити всі критичні місця, що залишилися. Подібні випробування дозволяють своєчасно провести зміни щодо усунення слабких місць у дослідних



автомобілях, що виготовляються дещо пізніше. Величезна перевага випробування, що проводиться за допомогою випробувального стенду з програмним управлінням, полягає в тому, що результати можна отримати за кілька тижнів, тоді як для проведення еквівалентних дорожніх випробувань знадобилося б багато місяців. Крім того, ефект від внесених конструктивних змін можна перевірити ще раз за невеликий час.

Такі випробування на вібрацію проводять також для критичних вузлів (каркас сидінь, регулятор нахилу спинки сидіння, частини шасі), що особливо важливо, якщо необхідно змінити частину кузова (передня або задня частина автомобіля, відкритий верх кузова). Розрахунком методом кінцевих елементів можна визначити вид і величину впливу подібної зміни на інші частини.

Такі лабораторні дослідження повинні здійснюватися одночасно з дорожніми випробуваннями. Однак вони не можуть повністю замінити дорожні випробування, оскільки неможливо імітувати кліматичні умови та вплив допусків.

Проте, описані випробування надають нічим незамінну допомогу розробки нової конструкції. Велика перевага всіх лабораторних випробувань у тому, що накопичуються відтворювані дані, тобто з'являється можливість порівняння нових конструкцій із давно вже відомими, на надійність яких вказує практичний досвід.

### **16.3 Функціональні випробування на опір втоми**

З усієї множини різновидів таких випробувань нижче описані тільки ті, які в силу «кузовної специфіки» виходять за рамки звичайних функціональних випробувань. Подібні випробування достатньою мірою часто проводять фірми – постачальники комплектуючих виробів, причому слід звернути увагу на наступне: для численних вузлів, що впливають на пасивну безпеку (наприклад, ремені безпеки в комплекті із замками та кріпленням, кермо, замок запалювання тощо) у межах законодавства США (і міжнародних вимог) не тільки передбачено мінімальні вимоги щодо працездатності, а й запропоновано проведення поточного контролю продукції фірмами-постачальниками і заводами – виготовлювачами

автомобілів. Так як ці випробування є ні чим іншим, як контроль якості виготовлення, вони розглянуті окремо, тим більше що такі випробування стосуються в основному продукції, що експортується до США.

Для багатьох інших комплектуючих деталей та агрегатів випробування на опір втоми необхідні тому, що передбачається використання спеціально змінених деталей або серійних деталей, що підходять без зміни для автомобіля, що проектується. Нижче наведено типові приклади, які показують велику різноманітність випробувань, що проводяться.

### **16.3.1 Очищувач та омивач вітрового скла**

У той час як окремі елементи такі, як електродвигун, важелі зі щітками, насос та ін. повинні випробовуватися заводами-виробниками, вся система загалом разом із тягами, шарнірами, кронштейнами кріплення тощо, внаслідок суттєвої відмінності навантажень, що виникає внаслідок різної форми та величини скла або різного впливу потоку повітря, що обтікає автомобіль, має випробовуватись на працездатність та опір втоми розробником автомобіля. При випробуваннях задається мінімально необхідна кількість циклів очисника, омивача та кількість вимкнень.

### **16.3.2 Випробувальний стенд для перевірки дверних замків**

Перевірка міцності дверних замків та інших деталей дуже важлива, оскільки залежить від величини (маси) дверей. Випробувальний стенд, за допомогою якого двері періодично зачиняються і відчиняються (таким чином у деталях замку та фіксаторі створюються великі сили) і навантажуються механізм відчинення дверей та петлі кріплення дверей.

Це випробування є надійним засобом випробування конструкції дверей, її внутрішніх деталей та ущільнювачів. В цьому випадку задається мінімально допустима кількість зачинень дверей і перевіряється безшумність роботи дверних замків, яка повинна зберігатися і після випробувань (зношування). Внутрішні деталі двері такі, як склопідйомник, випробовують аналогічним чином.

### 16.3.3 Стенд для випробувань сидінь

За допомогою стенду, перевіряють стирання оббивки, зношування та ослаблення матеріалу подушки. У процесі такого випробування сидіння періодично продавлюється навантажуваною плитою, маса і форма якої відповідають тілу водія або пасажиря, причому плита може зміщуватися або повертатися.



Рисунок 16.8 – Стенд для випробувань автомобільних сидінь

Під час випробувань визначають ступінь стирання та втрати жорсткості. Крім того, на опір втоми відчують механізм регулювання сидіння та спинки (останнє особливо важливо внаслідок залежності сил, що навантажують механізм від висоти спинки). Описані приклади показують різноманітність видів спеціальних випробувань деталей кузова та необхідність ретельного інженерного підходу до них.

### 16.4 Випробування кузовних матеріалів

У цьому випадку маються на увазі не загальні випробування матеріалів згідно з існуючими нормами, а спеціальні випробування, що проводяться для кузова у зв'язку з особливостями умов експлуатації автомобіля, причому з усього різноманіття цих досліджень нижче розглянуто лише кілька типових випробувань.

### 16.4.1 Випробування на корозійну стійкість

Такі випробування стосуються не тільки деталей кузова, особливо схильних до дії корозії (підлога крила та ін.), але і багатьох деталей обладнання, поверхня яких захищена або оброблена спеціальним чином. При випробуваннях деталей підлоги потрібно не тільки визначати найкращий з точки зору технології вид захисту сталевих панелей, наприклад фосфатування, цинкування або нанесення цинковмісного ґрунту, але і перевіряти його ефективність.

Щоб забезпечити можливість нанесення таких захисних засобів та проникнення їх у приховані зони, конструктор повинен передбачити відповідні технологічні отвори, положення яких слід узгодити з технологами та врахувати у процесі підготовки виробництва.

Слід також досліджувати та перевіряти якість покриття порожнин, ефективність та міцність захисних покриттів із пластмас, що використовуються, наприклад, для захисту від бічних ударів та як ізолюючі накладки.

Найчастіше випробування на корозійну стійкість проводять у сольовому тумані над 5%-вим сольовим розчином протягом короткого часу (порівняльний тест) або ж у кліматичній камері.

Спеціальні випробування потрібні для металевих захисних покриттів, особливо хромованих сталевих деталей. При цьому необхідно перевірити не тільки захисний ефект щодо корозійного руйнування, але й здатність покриття протистояти механічним впливам (відшарування, тріщини); крім того, зазвичай проводять випробування у сольовому тумані.

Так зване хромове покриття складається з декількох шарів, нанесених різними методами (дуплекс-нікелевий або тринікелевий процес). Найнижчий мідний шар служить для вирівнювання поверхні та кращого електрохімічного розподілу нікелю, кілька шарів нікелю – для отримання мікропористої основи під шаром хрому, що сприяє запобіганню корозії.

Хромовий шар утворює блискучу поверхню. Так як шари наносять гальванічним методом, то товщини шарів багато в чому залежать від форми деталі, тому вона повинна мати наскільки можна гладкий профіль без гострих кутів і заглиблень.

Дизайнер та конструктор повинні врахувати це. Багато деталей, що обробляються під хром, виготовляють із алюмінієвого листа високої чистоти та захищають за допомогою анодованого шару. І в даному випадку поверхня деталі повинна бути рівною і наскільки можна без гострих кутів і заглиблень.

Особливе місце у боротьбі з корозією займають деталі, що виготовляються з корозійностійкої сталі. Незважаючи на високу вартість, корозійностійку сталь все частіше застосовують для молдингів та інших декоративних деталей, а також елементів шасі (глушники). За блиском і кольором, такі деталі поступаються хромованим, і їх складніше обробляти.

Незважаючи на це, застосування корозійностійкої сталі в кузовобудуванні, в основному для деталей каркасу, що найчастіше зазнають корозії (підлога кузова, лонжерони), має майбутнє, тим більше що в цьому випадку жодних проблем зі зварюванням (на відміну від алюмінію) зазвичай не існує.

Перевірка властивостей різних кузовних лаків та емалей також відноситься до лабораторних випробувань. У емалі слід перевірити стійкість до механічних пошкоджень, світлостійкість і нечутливість до атмосферних впливів, і лише після цього можна надати дозвіл на її використання для покриття кузова автомобіля.

#### **16.4.2 Випробування на старіння та горючість**

Спеціальні випробування потрібні для матеріалів ущільнювачів дверей та вікон, які можуть бути виконані з еластомерів. В цьому випадку потрібні не тільки стійкість до впливу атмосферних умов, світла та температури, але й збереження еластичності та стійкості до розривів при екстремальних температурах, а також стійкість до старіння від впливу озону.

Випробування можна проводити, наприклад, в кліматичній камері при температурі і вологості під променями ультрафіолетового світла (придатність до експлуатації в умовах тропіків), а також в морозильній камері.

Подібні випробування необхідно проводити незалежно від існуючих нормованих випробувань матеріалів для деталей внутрішнього обладнання, що виготовляються із пластмас або інших матеріалів, щоб переконатися відповідно до цих деталей

особливим умовам експлуатації автомобіля. Існуючі стандарти США та Європи вимагають проведення випробувань на горючість матеріалів внутрішнього обладнання, наприклад матеріалів оббивок та набивань. Критеріями при такому випробуванні є займистість і швидкість поширення полум'я.

### **16.4.3 Інші дослідження матеріалів**

У цьому місці слід би написати про спеціальні випробування різних клеїв, що застосовуються в кузовобудуванні, які повинні не тільки мати короткий час схоплювання при використанні, але й мати достатню механічну міцність за різних погодних умов.

Клеї повинні не змінювати колір і не давати випаровування, а в деяких місцях з'єднання (наприклад, вклеювання скла) вони повинні дозволяти роз'єднання та повторне склеювання.

Це відноситься і до пластичних, що розширюються при нагріванні матеріалів, які використовують для ущільнення недоступних порожнин в кузові або складних зон ущільнення.

Про механічне та оптичне випробування безпечного скла було згадано вище. Особливі вимоги пред'являються до засобів консервації (захисним воском), що використовуються в автомобілебудуванні, які служать переважно для захисту нового автомобіля від впливу атмосферних умов (вологість, пил, кіптява) у проміжку між виготовленням та продажем. Засоби консервації повинні легко не тільки наносити на поверхню кузова, але й змиватися, і при цьому не бути агресивними.

### **16.5 Дорожні випробування кузова**

Незважаючи на все посилення систематизацію та розширення лабораторних випробувань, дуже багато досліджень і випробувань необхідно здійснювати в умовах реальної експлуатації автомобіля.

Хоча дорожні випробування служать переважно для оцінки ходових якостей автомобіля загалом, проте вони потрібні й у випробуваннях кузова. Такі випробування проводять переважно на полігоні, де є певна та постійна мережа доріг, що дозволяє повторення будь-якого експерименту за тих самих умов.

Слід оцінити деякі якості нового автомобіля (кузова), при експлуатації, наприклад оглядовість у всіх напрямках, реакцію на

вітер та шум від вітру, зручність їзди, загальний комфорт у салоні, рівень шуму, відображення та відблиски, зручність посадки, вентиляцію та опалення (надходження повітря та температура його в салоні), радіобладнання, забруднення.

Крім того, необхідно оцінити зручність користування ремнями безпеки, досяжність органів управління, роботу електрообладнання, особливо зовнішнього та внутрішнього освітлення, систему очищення/омивання вітрового скла, оглядовість дзеркал заднього виду.

Сюди ж відносяться пило- та водонепроникність, працездатність домкрата при заміні шини на підйомі та спуску, і не в останню чергу, доступність, а також можливість демонтажу та монтажу агрегатів (двигуна, коробки передач, радіоприймача, приладів).

Слід також перевірити можливість очищення кузова за допомогою механічного миття, а також оцінити приладдя, наприклад, зчпний пристрій для причепа, для перевірки якого необхідно проводити тривалі випробування.

Слід оцінити ходові якості, які визначаються загальним компонуванням автомобіля, і, отже, сильно кузовом. Слід проконтролювати герметичність вікон та дверей, відсутність шуму при відкритому та закритому положеннях їх протягом тривалого часу експлуатації та великого пробігу, роботу дверних замків та інших механізмів (наприклад, ручки склопідйомника) при тривалій експлуатації.

Тривалі спостереження потрібні за емалевим покриттям кузова та наслідками від ударів об бічні поверхні кузова гравію, що вилітає з-під коліс автомобіля.

Щоб перевірити корозійну стійкість кузова, у програму дорожніх випробувань слід запровадити рух через ванну із солоною водою, оскільки саме внаслідок постійної зміни мокрого та сухого стану поверхні виникають сильні корозійні ушкодження.

До найважливіших випробувань ставляться випробування на довговічність, тобто перевірка термінів служби кузова та внутрішнього обладнання у важких умовах руху, наприклад при русі навесні по путівцям. Сюди належить сприйняття кузовом навантажень різного типу.

Для проведення всіх цих випробувань дослідні зразки автомобілів повинні оснащуватися різними вимірювальними приладами (наприклад, при дослідженні керованості, акустики). З метою оцінки опору втоми, а також виконання вимірювань щодо комфорту в різних критичних точках кузова встановлюють датчики прискорення або тензOMETричні датчики, які дозволяють зафіксувати навантаження.

Для кожного виду досліджень складають свої програми випробувань, які дозволяють, з одного боку, отримати точні та відтворювані результати, а з іншого боку, заощадити час, причому співвідношення між показниками випробувань на дослідних ділянках дороги та звичайною експлуатацією автомобіля споживачами також відомі з порівняльних вимірів та накопиченого досвіду.

Незважаючи на значно вдосконалені методи вимірювань, деякі оцінки можна зробити лише суб'єктивно (наприклад, самопочуття, втома водія, зовнішній вигляд автомобіля). Коли оцінку за бальною системою проводить група інженерів-випробувачів (серед них мають бути і жінки) за допомогою спеціальних методик, достовірність випробувань суттєво зростає.

Під час періодичних зустрічей інженерів-випробувачів та інженерів-конструкторів розглядаються та опрацьовуються результати випробувань та оцінок.

Для оцінки довговічності деталей дослідні автомобілі розбирають після завершення певної програми випробувань і всі деталі з високою точністю вимірюють та досліджують.

Нагадаємо ще раз про те, що часто кілька разів доводиться змінювати дослідний автомобіль відповідно до результатів лабораторних випробувань, що випереджають дорожні випробування. Якщо дозволяють час і кошти, то можна від початку весь цикл випробувань спланувати в кілька етапів, що за певних обставин може скоротити час розробки, особливо коли стендові випробування з будь-яких причин (помилки у прототипах, виробничі потужності) не будуть проведені вчасно.

У цьому випадку дорожні випробування можна починати, маючи невелику кількість прототипів, і зробити попередню оцінку, яка разом з результатами стендових випробувань, що вже є до цього часу, дозволить зібрати другу велику серію дослідних



автомобілів, більшою мірою наближену до остаточного варіанту конструкції, і почати їх випробування..

У будь-якому випадку для проведення повної програми випробувань необхідно мати щонайменше два-три дослідні кузови та приблизно 15 (і більше) автомобілів (мається на увазі кількість кузовів та прототипів в рамках однієї дослідної серії. Як правило, виготовляють три серії дослідних зразків по 10-15 кузовів (включаючи кузови для прототипів).

Виготовлення цих об'єктів випробувань слід своєчасно планувати та узгоджувати із загальною програмою розробки. Складання автомобілів, призначених для випробувань, здійснюють у добре оснащеному експериментальному цеху, проте необхідно своєчасно підключати і постачальників комплектуючих виробів.

Таким чином, за допомогою лабораторних та дорожніх випробувань за відносно обмежений термін отримують дуже точну та достовірну характеристику переваг та, можливо, ще наявних недоліків нового автомобіля та його кузова.

## **16.6 Висновки за результатами випробувань на удар**

Результати випробувань на удар значною мірою визначають конструкцію кузова. За результатами та випробуваннями на удар можна зробити такі висновки.

### **16.6.1 Фронтальний удар**

Цей вид зіткнення з досліджень становить 31,3 % усіх дорожньо-транспортних пригод. Як уже було зазначено, основною метою заходів, спрямованих на підвищення безпеки автомобіля, поряд із збереженням простору виживання та працездатності дверей є зменшення пікових значень уповільнень при ударі.

Це сильно залежить від деформованості каркаса передньої частини автомобіля. Кінетична енергія, що звільняється при ударі, повинна витратитися на деформацію передньої частини автомобіля протягом можливо більшого часу, причому останнє обмежується максимально допустимою деформацією.

Деформація у свою чергу має нижню межу, що визначається максимально допустимим уповільненням, яке встановлюється з

умови виживання. Для того щоб зберігалися розміри салону, сили, що виникають при пластичній деформації передньої частини, не повинні перевищувати значення, граничного для салону. Слід прагнути до того, щоб опір зростав спереду і зона деформації обмежувалася передніми частинами кузова при невеликих зіткненнях.

Поряд із перерахованими критеріями слід брати до уваги динамічну характеристику утримуючих систем, призначених для водія та пасажирів.

Якщо утримуюча система обмежує сили навантаження, тобто допускає внутрішню деформацію (для цього має бути достатньо місця в салоні), деформація передньої частини може бути меншою.

За відсутності обмеження сил (або деформації) уповільнення автомобіля має бути по можливості малим, що може забезпечуватись відповідною деформацією кузова (щоб виконувалася умова виживання).

Велику роль грають у цьому встановлені в передній частині вузли та агрегати: двигун, радіатор, коробка передач тощо. Їх маса і кріплення впливають на деформованість кузова та його енергопоглинаючі властивості.

Тому при існуючому різноманітті параметрів обмежуються завданням загальноприйнятої характеристики деформації, або нескладним розрахунком. По викладеному нижче методу процес перетворення енергії у найпростішому випадку (прямий фронтальний наїзд на нерухомий бар'єр) розраховується за результатами вимірювань, вироблених на випробуваному кузові, з використанням спеціальної програми для ЕОМ.

При зіткненні двох автомобілів енергію, що поглинається кожним автомобілем, дуже важко оцінити. При розгляді процесу витрати енергії на деформацію кузова керуються такими міркуваннями.

Кінетичне перетворення енергії, що залежить від швидкості, є наслідком переміщення окремих мас (наприклад, двигуна). Неминуче поглинання енергії при пружній деформації викликає відскок автомобіля після зіткнення. Це можна використовувати при невеликих зіткненнях, щоб зменшити пошкодження кузова.

При серйозних зіткненнях частка енергії, яка витрачається на

пружну деформацію, дуже мала. І тут переважно відбувається пластична деформація, на яку головним чином витрачається енергія. Сумою деформації окремих елементів автомобіля та сил, що викликають їх, і навіть характером зміни окремих елементів, тобто здатністю силових елементів передньої частини і панелей кузова чинити опір деформації, визначаються сумарна деформація і відповідно енергія що поглинається при цьому.

Вказані вище окремі величини, у зв'язку зі складністю структури кузова обчислити неможливо, а якщо й можливо, дуже приблизно. Тому такі величини визначають експериментально. Для цього структуру кузова розчленовують на окремі відносно жорсткі маси, які при деформації взаємодіють.

Окремі вузли з'єднані між собою ланками, що деформуються (наприклад, підвіска двигуна, опора підвіски) або самі вузли є просто пластично деформованими (наприклад, рама, капот), або деформуються після перевищення певних величин переміщень (наприклад, радіатор, щиток передка). Окремі складові деформації можна відобразити кривою залежності сили від деформації, одержаної при статичному стисканні кузова у великому пресі (рис. 16.9).

Так як реальне зіткнення є динамічним процесом, деякі з цих складових слід коригувати на величину, що залежить від швидкості деформації деталі, що враховується в аналізований момент часу.

За допомогою спеціальної програми окремі значення деформації підсумовуються з урахуванням часу та просторового становища на ЕОМ. Таким чином, можна приблизно розрахувати процес перетворення енергії на роботу зі зміни форми, знайти деформації та відповідні їм уповільнення. Далі розрахункові та експериментальні дані узгоджуються.

Перевага цього методу у тому, що можна встановити вплив окремих вузлів на загальну міцність, і навіть оцінити зміни окремих деталей чи запровадження нових комбінацій деталей.

Недоліком методу є те, що для визначення деформації необхідний автомобіль-прототип. Зазначимо, що наведена схема розкладання сил деформації відноситься до автомобілів із двигуном, розташованим спереду.

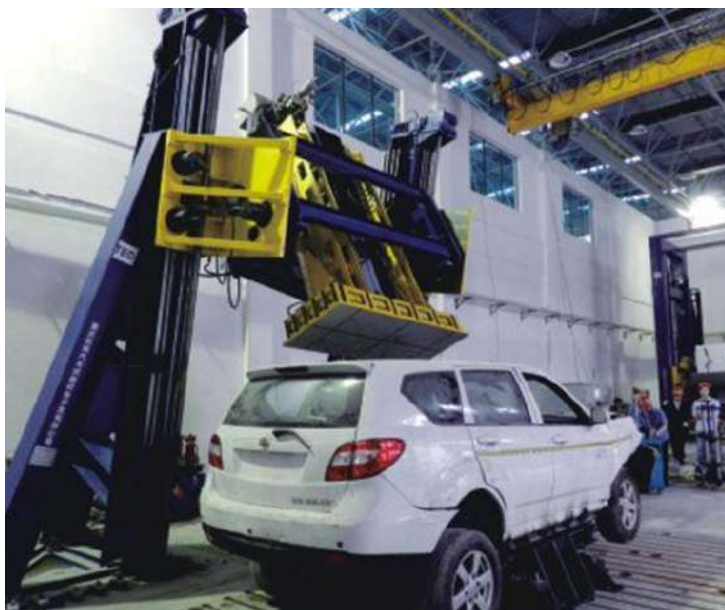
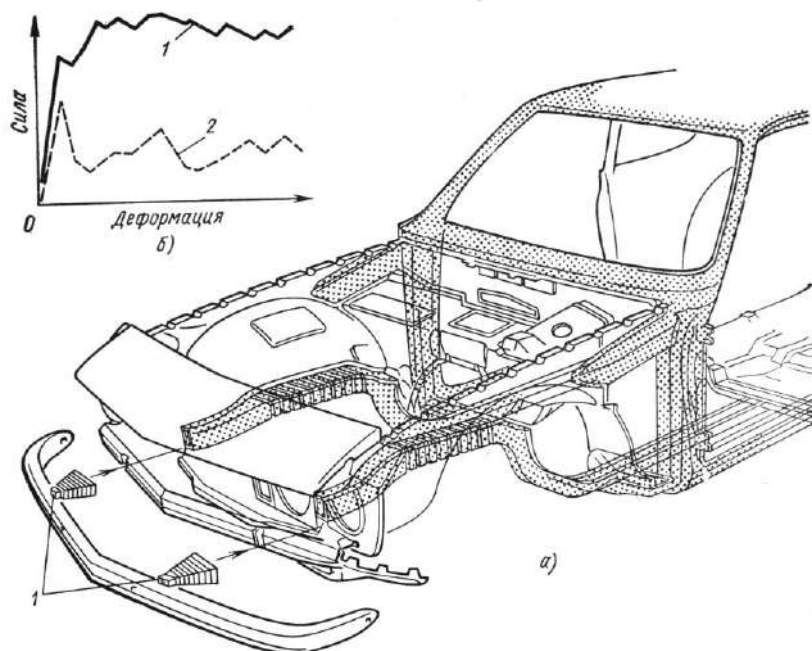


Рисунок 16.9 – Гідравлічний прес для визначення деформаційної характеристики кузова

Аналогічні розрахунки, звичайно, за зміненою (спрощеною) схемою можуть бути проведені для автомобілів з двигуном, розташованим ззаду, і що ще важливіше для удару автомобіля ззаду об нерухому перешкоду. І в цьому випадку статичні деформації мають визначатися експериментально.



- а) 1-гофри. Сили удару передаються на лонжерони та поперечину  
 б) – деформаційна характеристика наповненого пінистим матеріалом деформованого лонжерону 1 і 2 – відповідно з наповненням і без наповнення пінистим матеріалом

Рисунок 16.10 – Вдале з точки зору сприйняття удару виконання передньої частини автомобіля та бампера

Деякі приклади конструктивного виконання передньої та задньої частин автомобіля, деформованість яких певним чином

передбачена, показані нижче. Зазвичай при зіткненні сила поширюється від місця удару на жорсткий центральний лонжерон (швеллер), а нерідко і центральний тунель, і навіть на стійки передніх дверей.

Передній лонжерон, що створює великий опір деформації, виконується податливим шляхом надання відповідної форми або передбачення ділянок у формі гофр (рис. 16.10, а). Згідно з експериментами, проведеними фірмою «Опель», профіль коробчатого перерізу, наповнений пінистим матеріалом, має ідеальне «складання» (рис. 16.10, б).

Подібно ж властивістю мають ступінчасті сільфони та пластмасові енергопоглинаючі елементи при правильно підібраній формі. Нагадаємо, що при деформації каркас кузова і деформовані елементи, що входять до нього, повинні сприймати найбільшу частину навантаження, а всі інші штамповані деталі (арки коліс, капот та ін.) лише невелику її частину. За допомогою взаємного узгодження жорсткостей деталей можна отримати задовільну залежність між силою деформації та деформацією.

### **16.6.2 Удар ззаду**

Якщо передня частина автомобіля має достатню довжину для деформації (приблизно 500-600 мм), то в задній частині автомобіля така деформація можлива лише на автомобілях із великим заднім звисом.

Тому поширені в даний час автомобілі з укороченим заднім звисом проблематичні з точки зору безпеки, і для них потрібне вживання спеціальних заходів (введення елементів, що деформуються) щодо зменшення прискорення при ударі до значення, прийнятого з умови виживання (нерухомий автомобіль при ударі ззаду переміщається з прискоренням!).

У зв'язку з тим, що згідно зі статистикою, на випадок автомобільної аварії удари ззаду зустрічаються рідше, ніж фронтальні зіткнення (29,7%), і частіше відбуваються за меншої швидкості, то необхідний запас довжини кузова на деформацію може бути меншим (приблизно 300-350 мм).

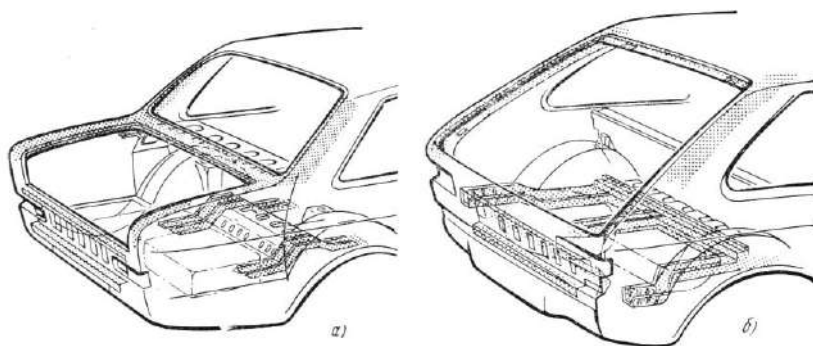
На відміну від фронтального удару для удару ззаду (рис. 16.11), досі не встановлені граничні значення динамічних сил, що виникають при ударі людини об елементи кузова.



Рисунок 16.11 – Випробування на «удар ззаду»

Істотне значення має місце положення паливного бака.

Правильним розміщенням запасного колеса (якщо його мають позаду) можна значною мірою вплинути на величину деформації, сприяти зменшенню прискорення. Типові конструктивні рішення задньої частини автомобіля, вдалі з погляду удару ззаду, показано на рис. 16.12, а-б.



- а – ступінчаста форма. Передача сил удару в дах та підлогу;
- б – з тупою формою. Передача сил удару в підлогу кузова та на лонжерони

Рисунок 16.12 – Вдалі з погляду сприйняття удару виконання задньої частини автомобіля

### 16.6.3 Удар збоку

Бічні зіткнення становлять 39 % усіх дорожньо-транспортних пригод. Процес зіткнення і сприйняття удару відбуваються інакше, ніж при фронтальному зіткненні, у зв'язку з тим, що допустима деформація кузова, що визначає можливість зменшення сил удару, в цьому випадку істотно менша.

Бічних зіткнень – найчастіше вони відбуваються на перехрестях – по можливості слід уникати. Удар відбувається під різними кутами до осової лінії автомобіля, що розглядається, так що не тільки боковини і двері автомобіля, але і каркас салону зазнають високих навантажень і можуть деформуватися під їх дією.



Рисунок 16.13 – Випробування на «боковий удар»

Тому каркаси кузовів обох автомобілів, що беруть участь у бічному зіткненні, повинні мати необхідну енергопоглинаючу здатність і мати відповідну конструкцію. Так як при бічному зіткненні легкових автомобілів основний удар наноситься



бамперами і деталями, що розташовуються ззаду нього, то перший дотик з автомобілем, що розглядається, і його деформація відбуваються в нижній частині дверей і боковин. При бічному зіткненні з вантажним автомобілем площина удару розташована вище.

Таким чином, при бічному ударі спочатку деформується силовий переріз порога підлоги, а потім проминаються панелі боковини та дверей. Більшість енергії удару прямує в нижню частину каркаса і з достатньою силою опору сприймається поперечками підлоги. Внаслідок цього аналізований автомобіль зміщується у напрямку удару убік, тобто існує відоме обмеження у сприйнятті бічної сили.

У зв'язку з деформацією передньої, центральної та задньої стійок дверей при подальшому русі автомобіля, що наїжджає на аналізований, навантажується і деформується верхня частина каркаса кузова і досить жорсткий дах з підсилювачами, тобто і ці елементи залучаються до процесу поглинання енергії. Оскільки дверні прорізи не здатні приймати навіть маленькі зусилля, то для цього використовують двері відповідної конструкції.

Це можливо, якщо петлі дверей та замки матимуть достатню міцність для протидії у поздовжньому та поперечному напрямку значним зусиллям, що виникають при пром'ятні дверей. Отже, конструкція цих деталей має бути достатньо посилена.

У багатьох випадках, особливо при дуже широких дверях, коли міцності дверей, а також замків та петель недостатньо для сприйняття удару, слід встановлювати у двері спеціальний захисний брус для кращого розподілу сили удару по каркасу салону (стійки дверей). Така посилена конструкція показана на рис. 16.14.

У малих європейських автомобілях додатковий брус доцільно з'єднувати із внутрішньою панеллю у верхній частині дверей. Важливо, щоб такий брус з'єднувався з кріпленням петель та підсилювачами замку.

У цьому випадку брус виконує дві функції: спочатку як пружний елемент, брус тільки прогинається при впровадженні перешкоди (автомобіля), а потім служить сполучним елементом між вищезазначеними підсилювачами петель і замку, через які передаються сили на стійки дверей і каркас кузова.

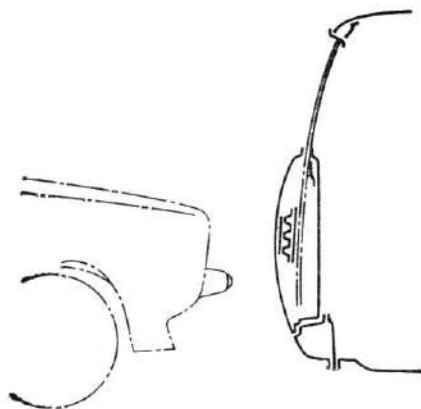


Рисунок 16.14 – Схема конструкції  
посилених дверей

Петлі і дверні замки повинні витримувати дуже високі сили, які при реальному ударі збоку можуть виявитися значно більшими. Захисний брус запобігає також сильному прникненню в салон невеликих предметів (наприклад, дерев при випробуванні на удар).

#### **16.6.4 Перекидання (перевертання)**

Цей вид аварії, хоча зустрічається набагато рідше згаданих вище (приблизно 8 % всіх дорожньо-транспортних пригод на випадок автомобільної аварії), але за такої аварії створюються надзвичайно високі навантаження на каркасі салону.

В даному випадку енергія може витрачатися на вчинення лише невеликої роботи деформації, так як внаслідок необхідності збереження простору виживання в області даху допускається невелике зминання, стійки не повинні прогинатись і енергія повинна поглинатися при повторному перевертанні.

При цьому особливо сильно навантажуються стійки вітрового скла та зони з'єднання стійок із дахом. Шляхом правильного підбору розмірів стійок та жорсткості панелі даху, а також верхнього силового контуру із центральним підсилювачем даху можна уникнути надмірної деформації каркасу салону.

У процесі перекидання особливо важливо, щоб двері не

відчинилися. Сучасні дверні замки та петлі дозволяють виконати цю вимогу; крім того, механізм відкриття дверей не повинен спрацьовувати довільно під час удару або великого прискорення.



Рисунок 16.15 – Випробовування кабіолета на перекидання

#### **16.6.5 Сумісність (захист партнерів по руху)**

Види аварій, що досі досі розглядаються, відносяться до зіткнень автомобіля з твердою перешкодою (стіна, дерево). Для дослідження проблем захисту пасажирів та зменшення наслідків аварій це цілком допустимо. Однак при розширеному розгляді безпеки автомобіля такого «самозахисту» недостатньо.

У численних аваріях беруть участь легкові автомобілі та інші учасники дорожнього руху, наприклад, вантажні автомобілі, мотоцикли, велосипеди або пішоходи. Отже, захист партнерів за рухом набуває дедалі більшого значення.

#### **16.6.6 Зіткнення різних автомобілів**

Для захисту учасників руху потрібно спільне рішення конструкцій у зіткненні автомобілів, що передбачає узгодження їх деформаційних властивостей, тобто рівномірний розподіл

енергії удару між обома учасниками зіткнення, при якому не перевищуються граничні допустимі навантаження, що визначаються за умови виживання.



Рисунок 16.16 – Краш-тест старого та сучасного хетчбека Ford Fiesta

Це дуже складна проблема, оскільки «сумісність» має бути досягнута не тільки при фронтальному ударі, але і при ударі ззаду, а також при боковому ударі. Для цього потрібне узгодження захисних систем із деформаційними характеристиками автомобіля (внутрішня сумісність).

«Сумісність» оптимальна, якщо при зіткненні різних автомобілів травматизм в обох автомобілях приблизно однаковий та економічно виправдані витрати дають максимальний загальний ефект.

Правильне вирішення цієї проблеми поки що невідоме, оскільки недостатньо інформації як за статистикою дорожньо-транспортних пригод, так і за граничними навантаженнями, що допускаються за умов виживання людини, яка потрібна для цього. Попередні пропозиції щодо вирішення описуваної

проблеми засновані на наступному.

Високу руйнівну здатність великого автомобіля слід зменшувати за допомогою надання йому деформаційної характеристики (можливість поглинання енергії) м'якшою, ніж потрібно в інтересах самозахисту, наприклад ступінчастої характеристики сил деформації або, принаймні, повільно зростаючою, яка відповідає характеристиці «малого» партнера по руху, і лише потім набуває вигляду, необхідного для самозбереження.

Для меншого автомобіля необхідно мати більш довгий хід деформації при постійних або прогресивних характеристиках сили, що викликає деформацію, та жорсткості каркасу салону. В даному випадку в конструкції системи утримання людей, що знаходяться в автомобілі, це має бути враховано.

Для отримання лінійної або ступінчастої деформаційної характеристики на автомобілі з високою руйнівною здатністю можуть бути використані такі конструкції:

- каркас передньої частини, що пластично деформується;
- гідравлічний або пневматичний пристрій для поглинання енергії;
- комбінована, що включає першу та другу конструкції.

#### **16.6.7 Дорожньо-транспортні пригоди за участю пішоходів**

Як особливий випадок захисту партнерів по руху можна розглянути зіткнення з пішоходом (приблизно 12 % усіх у дорожньо-транспортних пригод). Цей вид аварій знаходиться на другому місці за кількістю смертельних наслідків у дорожньо-транспортних пригодах.

Справді, аварії, в яких беруть участь пішоходи, є найнебезпечнішими у зв'язку з тим, що пішохід як учасник дорожнього руху повністю беззахисний.

В даний час розглядаються шляхи зменшення травматизму пішоходів внаслідок аварії за допомогою надання автомобілю певної форми.

Дослідження дорожньо-транспортних пригод та випробування за допомогою манекенів показали, що процес такої аварії протікає у кілька етапів:

- перший – удар пішохода об автомобіль та його катапультивання (первинний удар);
- другий – удар пішохода об дорогу та її падіння (вторинний удар);
- третій – удар пішохода об перешкоду або переїзд його автомобілем (третинний удар).

Цей вид аварії має особливо тяжкі наслідки, тому що для пішохода неможливо застосувати засоби поглинання енергії. Таким чином, енергія удару в основному зменшується між першим та другим етапом та під час другого етапу.

На відміну від процесу аварії для людей, які перебувають у автомобілі, що триває приблизно 200 мс, для пішохода подібна аварія затягується до кількох секунд.



Рисунок 16.17 – Використання манекену для аналізу наслідків зіткнення кузова автомобіля Honda з пішоходом

В основному в аварії такого роду потрапляють діти віком до 10 років і люди похилого віку старше 65 років. У зв'язку з цим для вжиття будь-яких заходів захисту людини дуже важливо знати його середній зріст.

При зіткненні з легковим автомобілем бампера торкаються спочатку ноги (стегна), потім тазової області тіла. Після цього людина відкидається на капот, ударяється головою об вітрове

скло і прискорюється до швидкості автомобіля. Якщо автомобіль гальмує, людина відривається від автомобіля, і, залежно від обставин, може ще раз перевернутися і потім тільки впасти на дорогу.

Якщо постраждалим виявляється дитина, то вже на першому етапі аварії бампер ударяється об тіло, відкидає його, після чого дитина падає на дорогу. Так протікає процес зіткнення за швидкості автомобіля приблизно 50 км/год. Наслідки аварії залежать від висоти, напряму удару та горизонтальної швидкості, що отримується жертвою.

В даний час проводяться докладні дослідження і, насамперед, імітація аварій за допомогою манекенів, а також аналіз руху за допомогою моделей обчислювальних машин. За результатами цих досліджень можна зробити висновок конструктивні заходи, що вживаються, повинні бути спрямовані, перш за все, на те, щоб послабити первинний удар. Для цього використовують наступне:

- широку та м'яку накладку на бампері (удар по можливості нижче колін);
- низький і закруглений спереду капот з каркасом, що легко деформується, гладкою решіткою радіатора і прихованим за панеллю капота очисником вітрового скла;
- похило вітрове скло, що гладко з'єднується (без стічних жолобків) з контуром кузова автомобіля без виступаючих деталей з гострими кромками;
- вітрове скло із пластично деформованого матеріалу (багатошарове безпечне скло).

Вторинний удар можна повністю запобігти тільки за допомогою спеціального пристрою, що вловлює, можливість створення якого дуже проблематична. Лише в тому випадку, коли будуть отримані результати досліджень і зібрано великий статистичний матеріал, можна буде зробити більш прийнятні та конкретні пропозиції.

Безсумнівно, що найкращий шлях до запобігання травматизму пішоходів – це відділення пішоходів від транспортного руху.

## 17 ПЕРСПЕКТИВИ. КУЗОВА МАЙБУТНЬОГО

Вище розробка кузова була показана як педантично запланована інженерна робота. Це суперечить загальній думці багатьох інженерів, які відводять основне значення стилістичній та інтуїтивній стороні питання, а кузовобудування іноді розглядають як багате на традиції, але мало цікаве для інженера «ремесло». Насправді стилістичний аспект є лише малою, хоча і важливою, частиною кузовобудування.

Він повинен, однак, орієнтуватися на доцільні, функціональні та, не в останню чергу, системно обґрунтовані міркування та організаційно повинен вписуватися у плани робіт фірм-виробників.

Такий підхід призводить до того, що автомобіль з «казкового», звичайно ж, гаряче коханого і омріяного, перетворюється на індивідуальний транспортний засіб для всіх.

Тому містифікація нереальних побажань – спортивність, розкіш, престиж – неможлива. Звичайно, комфорт до певної міри необхідний, і з розвитком техніки він підвищується. Однак комфорт не повинен вироджуватися в перебільшене прагнення розкоші або взагалі в снобістські хвастощі.

Ці положення слід враховувати у проекті будь-якого нового автомобіля, що накладає відбиток на стиль, а значить, і на кузов.

Автомобіль повинен задовольняти таким вимогам:

- технічно можливий оптимум активної та пасивної безпеки;
- неускладнене, просте керування, надійні ходові якості;
- зручність та гарне самопочуття водія та пасажирів;
- правильно підібрана потужність, висока економічність за найменшого забруднення навколишнього середовища;
- гармонійна та функціонально обґрунтована форма;
- зручність обслуговування та ремонтопридатність;
- мінімальна вартість виготовлення.

Виконання багатьох цих вимог значною мірою залежить від кузова. Настав час замислитися над цими основними вимогами, тому що перебільшена вимогливість до комфорту та потужності дарує нам дедалі дорожчі та складніші автомобілі. Показник часу



розгону автомобіля з місця до 100 км/год і до максимальної швидкості не є надійним критерієм придатності автомобіля для середнього водія.

Не можна забувати про те, що все зростаючі витрати неспроможні нескінченно компенсуватися раціоналізацією технологічного процесу. Тільки спрощення та розумне обмеження вимог дозволять нам повернутися до недорогих автомобілів.

Від звичайного автомобіля широкого призначення не вимагається (і не потрібно) виконання всіх «супер-домагань», вони відносяться тільки до спортивного автомобіля. Ці межі часто стираються при псевдопокращенні звичайного автомобіля.

Звичайно, і зараз є чудові цільові автомобілі, що з'явилися в результаті конкуренції. Незважаючи на це, зробимо деякі пропозиції щодо подальшого розвитку кузова, які мають послужити поштовхом для нових розробок.

Основна концепція – автомобіль середніх розмірів із звичайним розташуванням сидінь у два ряди для 4-8 осіб. Так як статистика показує, що в Європі в середньому в ряду сидить приблизно дві людини, а в США ще менше, і оскільки в майбутньому бажані автомобілі менших розмірів, то цікавим був би варіант три-, чотиримісного кузова з сидінням водія в середині та розташованими з уступом від нього двома-трьома задніми сидіннями, з яких щонайменше середнє сидіння має бути відкидне. Таке рішення дозволить суттєво зменшити довжину автомобіля та його масу.

Автомобіль повинен мати привод на передні колеса від поздовжньо розташованого чотири-, шестициліндрового горизонтального двигуна з протилежними циліндрами та рідинним охолодженням; головна передача та автоматична коробка передач повинні бути об'єднані в одному блоці із силовим агрегатом.

Останній разом із вбудованою системою охолодження двигуна та агрегатами для кондиціонера, а також передньою підвіскою, рульовим механізмом та гальмами встановлюється у каркас передньої частини автомобіля, деформація якого відповідно до вимог безпеки під час зіткнення має бути заздалегідь передбачена.

Переднє облицювання разом з фарами, капотом і крилами, що знімаються, кріпиться до несучого каркаса, як і система випуску відпрацьованих газів.

Вказана складальна одиниця («несучий осередок») є самостійним модулем, що дозволяє здійснювати різні варіанти кузова, не впливаючи на інші частини автомобіля. «Несучий осередок» за допомогою різьбового з'єднання кріпиться до «пасажирського осередку» із застосуванням проміжних ізоляційних прокладок.

Аналогічним чином в один конструктивний вузол («несучий вузол») об'єднується задня підвіска (включаючи елементи її кріплення), який через ізоляційні прокладки з'єднується з «пасажирським осередком» разом з елементами системи випуску відпрацьованих газів.

Каркас «несучої комірки» сприймає всі реакції від тягових сил, вібрацію, а також експлуатаційні навантаження та сили, що прикладаються до рульового управління, і передає їх у «відфільтрованому» вигляді на «пасажирський осередок», це ж відноситься і до «несучого вузла». Внаслідок цього передача корпусних шумів переривається, і створення безшумного салону значно полегшується.

«Пасажирський осередок» відповідно до описаних вище принципів виконується у вигляді несучої суцільнометалевої конструкції. Оскільки «пасажирський осередок» стикається з вузлами шасі лише у місцях кріплення, тобто у певних чотирьох точках, і відповідні сили передаються тільки на каркас (передні стійки і задня поперечка, а також бічні пороги), то співвідношення діючих напруг стає дуже вдалим, в результаті цього «пасажирський осередок» можна зробити легше, ніж зазвичай.

«Пасажирський осередок» має одну особливість: замість звичайних (чотирьох) поворотних дверей встановлюються дві поворотно-розсувні двері для поліпшення входу та зменшення простору, що займає транспортний засіб.

Щоб здійснити це, необхідно, перш за все, змінити стійки і змістити їх таким чином, щоб можна було забезпечити вільний прохід до передніх і задніх сидінь тільки через бічні двері.

Щоб вхід в автомобіль був зручним, перехід дверей по

горизонталі повинен становити 900-950 мм. Для цього потрібний спеціальний механізм переміщення дверей.

Можна запропонувати використовувати комбіноване поворотно-подовжнє переміщення дверей, яке забезпечується за допомогою важеля з додатковою рейковою передачею. Наважка дверей та її паралельне переміщення забезпечуються двома несучими важелями зі зміщеними осями, а переміщення здійснюється по зубчастій рейці.

Перевагою такої конструкції є те, що двері вгорі відчиняються ширше, ніж унизу, що покращує вхід, особливо при гнутих бічних стеклах. Під час відкривання такі двері займають приблизно 1/3 простору, необхідного для звичайних поворотних дверей. Наявність опор у важелів, направляючих санчат, а також наявність замикаючих механізмів спереду і ззаду призводять до конструкції дверей, яка повинна бути набагато безпечнішою за звичайну.

Таким чином, досягається суттєве підвищення жорсткості дверей при згинанні та розтягуванні. В іншому конструкція дверей відповідає звичайній. Можна використовувати звичайний склопідйомник, проте краще використовувати зсувне скло.

Вартість виготовлення дверей такої конструкції не перевищує (а якщо і перевищує, то несуттєво) вартість дверей звичайної конструкції з чотирма дверима.

Наступна особливість у тому, що переднє сидіння не потрібно зміщувати, воно встановлюється нерухомо, у результаті конструкція переднього сидіння спрощується; задні сидіння, складаючись звичайним чином, дозволяють збільшити корисний об'єм багажника. Задні двері забезпечують гарний доступ до багажу.

Нерухоме встановлене переднє сидіння дозволяє отримати для людей будь-якого зросту приблизно постійне положення інерційних ременів безпеки, що забезпечує правильне спрацювання їх у разі аварії. Відповідність становища органів управління водіям різного зросту досягається у вигляді регулювання їх.

З цією метою блок педалей, пов'язаний з рульовою колонкою та рульовим колесом, а також з електронним дисплеєм, розташовані таким чином, щоб вони могли зміщуватися та

повертатися. Невеликий дисплей видає оперативну інформацію, необхідну водію у процесі руху автомобіля (швидкість, запас палива) та сигнали аварійності (наприклад, тиск масла).

Попереднє програмування роботи контрольних приладів та сигналів аварійності проводиться таким чином, щоб водій міг перевірити стан свого автомобіля, не перевантажуючи свою увагу зайвими даними.

В описаному компонованні органів управління стає можливим використання рульового колеса і верхньої частини рульової колонки (переважно, ніж раніше) як енергопоглинаючого пристрою при аварії. Огляд водія в бік пасажира, що займає переднє сидіння, не погіршується, поперечне переміщення водія в салоні (вихід в обидва боки) полегшується.

В результаті застосування кондиціонера, основні агрегати якого змонтовані поза салоном, і регульованої консолі з додатковими приладами відпадає необхідність у використанні звичайної панелі приладів, а простір, що утворюється під вітровим склом, можна і доцільно відводити для розподільних повітряних каналів, речових ящиків, інших пристроїв (наприклад, елементи системи опалення, радіоприймач без звичайних для теперішнього часу обмежень).

Паливний бак кріпиться до заднього «несучого вузла», запасне колесо розташовується в заглибленні підлоги багажника. Капот для кращої звукоізоляції передбачається робити із пластмаси зі сталевим каркасом. В іншому кузов виконаний з урахуванням аеродинаміки.

Передній та задній бампери складаються з поліуретанового профілю, який заповнений пінистим матеріалом, та легкого сталевго каркаса, що використовується для покращення розподілу тиску; бампери кріпляться до кузова за допомогою деформованих опор.

Окремі вузли такі, як каркас дверей з механізмом повороту та зміщення, блок педалей з механізмом регулювання і, звичайно, «несучий осередок» (можливо, з різним виконанням зовнішніх панелей), а також «несучий вузол» використовуються як окремі модулі для різних моделей.

Розчленування автомобіля на три великі конструктивні

одиниці дозволяє спростити складання та зменшити витрати на обладнання при заміні моделей. Запропонований поділ має ряд переваг з погляду ремонту та обслуговування. Крім того, можлива комбінація різних модулів, що дозволяє урізноманітнити гаму моделей без істотних витрат.

Ці конструктивні пропозиції показують, що в області кузовобудування є ще багато можливостей для подальшого розвитку. Звичайно, майбутнє принесе інші, нові і, ймовірно, кращі ідеї. Всі вони повинні служити підвищенню споживчих якостей, надійності та зменшенню витрат на виробництво. Одне залишиться вірним завжди: розробка та виготовлення кузова за різноманітним інженерним робіт є одним із найцікавіших завдань розвитку автомобілебудування.

### **17.1 Маса конструкцій та можливості їх зменшення**

Однією з основних властивостей, що характеризують кузов, як втім, і кожен конструкцію є його власна маса. Маса, зрозуміло, має бути знижена до мінімуму з урахуванням умов, у яких кузов має працювати, тобто експлуатаційних властивостей, міцності та жорсткості, а також можливо менших виробничих витрат.

Мінімальною має бути і вартість матеріалів (якщо не застосовані спеціальні матеріали), а також вартість обробки, наприклад, штампування тонких листів, вимагає менших пресів і дає менший знос штампів. Вочевидь, що лист може бути занадто тонким, оскільки це ускладнює штампування – лист рветься і тріскається.

З іншого боку, прагнення зниження маси конструкції за всяку ціну, зазвичай, призводить до подорожчання конструкції. Це зазвичай має місце в авіаційних конструкціях, де вибирають кожен грам маси.

Звідси, наприклад, як правило, авіаційні болти зовнішнього діаметра більше 10-12 мм – порожнисті, листи внутрішніх обшивок мають отвори тощо, а поковки та виливки точно оброблені, так що з них вилучено зайвий матеріал.

Очевидно, всі ці додаткові операції призводять до подорожчання конструкції. Тому при проектуванні автомобільних кузовів слід ретельно і уважно визначати, коли зниження маси даного елемента окупається, тому що в іншому

випадку можна створити конструкцію легкою, але занадто дорогою.

Необхідне почуття міри та ретельне всебічне аналізування для того, щоб конструкція кузова була не лише легкою, але простою та економічною. Очевидно, важко дати точні докладні масові характеристики різних кузовів. Можна, однак, із значним наближенням визначити загальні умови, яким має відповідати добре сконструйований кузов.



Рисунок 17.1 – Матеріали, які використовуються при виготовленні кузова седана Audi A8 нового покоління

Існують три основні фактори, які визначають наближену результуючу масу всього кузова. Якщо позначимо масу конструкції кузова без додаткового обладнання такого, як, наприклад, вентиляція, холодильне обладнання, оббивка сидінь, скла тощо,  $Q$ , довжину всього кузова  $L$ , корисну площу кузова (підлоги)  $S$  і, нарешті, кубатуру кузова  $V$ , то отримаємо три характерні фактори, за допомогою яких конструктор зможе зорієнтуватися в питаннях, що стосуються маси проектного кузова.

Щоб спроектований кузов вийшов якомога легшим (за даними навантаженням і достатньою міцністю), потрібно мати не тільки солідний досвід і конструкторське чуття, але й точно розрахувати його міцність. У цьому важливий як розрахунок

напруг, а й (особливо) розрахунок деформацій.

Так, наприклад, прогини підлог не повинні перевищувати певної величини, так само як і деформації віконних прорізів у кузовах автобусів (у разі кручення) не можуть бути надто великі з міркувань скління. Прогини самоскидних кузовів під час підйому платформи не повинні перевищувати певної величини. Крім того, важливим є належний розрахунок взаємодії стін кузова з рамою шасі.

Всі ці розрахунки (статично невизначених систем) порівняно складні і вимагають значного конструкторського досвіду, так як для їх виконання необхідно попередньо задаватися розмірами елементів, що розраховуються (наприклад, товщини стінок, жорсткості лонжеронів тощо), а у разі отримання незадовільних результатів перераховувати всю конструкцію із зміненими розмірами.

Цей метод, щоправда, завжди окупається, бо тільки в цьому випадку можна отримати легку та правильно розроблену конструкцію, а з іншого боку, уникнути неприємних несподіванок під час експлуатації транспортного засобу.

Незалежно від цього кожен кузов, обраний як прототип, повинен бути випробуваний на стенді, що імітує навантаження, які виникають під час руху, а також на спеціально підготовленій випробувальній трасі.

## **17.2 Можливі застосування нових матеріалів у кузовобудуванні**

Подальша можливість зниження власної маси заснована на виконанні конструкції з легших, ніж сталь, матеріалів, одночасно досить міцних. В даний час у розпорядженні є два види таких матеріалів, які можуть бути використані в автомобільному кузовобудуванні. А – один з них – це добре відомий дюраль – алюмінієвий сплав, що повсюдно застосовується в авіабудуванні у зв'язку з його малою питомою вагою та хорошими механічними властивостями. Незважаючи на те, що дюраль дорожчий за сталь, внаслідок низки переваг його застосування (не тільки в авіації) стає все більш поширеним. Ціна на алюміній у недалекому майбутньому має бути помітно знижена, і вартість конструкції з алюмінієвих сплавів зрівняється із вартістю сталевих конструкцій.

### 17.3 Економічні чинники

В авіабудуванні застосування алюмінієвих сплавів зумовлено легкістю конструкції. Щоправда, конструкції надзвукових літаків виконують із спеціальної сталі, але це зовсім інше питання, яке тут не буде розглянуте. Дослідження економічності дорожніх та рейкових транспортних засобів мають інший характер, ніж у авіаційних конструкцій.

Досліджуючи окупність виготовлення дорожніх та рейкових транспортних засобів із алюмінієвих сплавів, необхідно порівнювати вартості традиційно виконаних сталевих конструкцій з легких сплавів. У цьому необхідно розглядати як питання власне виробництва, а й зберігання, експлуатації та міцності.

Незважаючи на те, що покупна ціна транспортного засобу, виконаного з алюмінієвого сплаву, вища, ніж зі сталі, різниця в ціні компенсується меншою енергією, необхідною для руху легшого транспортного засобу, можливістю перевезення порівняно більшого вантажу.

Відшкодування витрат на закупівлю дорожнього транспортного засобу, виконаного з алюмінієвого сплаву, може бути здійснене за короткий час, особливо при міських перевезеннях за умов необхідності частого розгону.

Кузови великих вантажних автомобілів дедалі частіше виготовляють із легких металів. Їхньою перевагою є корозійна стійкість і мала маса. При цьому дрібні метали, незважаючи на їх м'якшу поверхню, практично стираються менше ніж сталь.

Це явище особливо очевидне, коли метал одночасно схильний до ерозії та корозії. У багатьох випадках алюміній виявився значно стійкішим матеріалом, ніж сталь, наприклад, при транспортуванні шлаку та вугілля, що містить сірку.

Що стосується автомобілів для перевезення людей, то в легкових автомобілях традиційний сталевий лист, що глибоко штампується, незамінний і з економічних міркувань, і з точки зору масовості виробництва.

Однак зовсім інакше стоїть питання для транспортних засобів великої вантажопідйомності, таких, як автобуси, автомобілі-фургони, автомобілі-рефрижератори, автомобілі для



перевезення меблів, (перевезення рідин і пилоподібних матеріалів (цемент). Виявилося, що в цьому випадку алюміній успішно конкурує зі сталлю, так як він не тільки легше і більш корозійно стійкий, але також і дешевше у виробництві.

Правильно сконструйований алюмінієвий кузов вимагає меншої трудомісткості, ніж сталевий. можна в найбільшій мірі застосовувати контактне зварювання. З іншого боку, складання зі складових (штампованих) елементів менш трудомістке.

З погляду економії матеріалу і простоти конструкції зростає значення зварної конструкції. збільшення відносини корисної до своєї маси досягається за рахунок виконання дуже легкої конструкції бічних стінок і підлоги.

Б – іншим легшим матеріалом є ламінат-композиція скловолокон та синтетичної смоли. Питома вага ламінату (від 1,9 до 2,0) і механічні властивості, аналогічні до властивостей м'якої сталі (за винятком модуля Юнга), а також повна некорозійність роблять його відмінним конструкційним матеріалом, особливо для таких елементів, як стінки кузова, дах, підлога і т.п.

В даний час проводяться дослідження можливості застосування ламінатів для сильно навантажених елементів, наприклад, несучих елементів шасі, рам тощо. Не підлягає сумніву, що у майбутньому, з розвитком синтетичних матеріалів, ламінати повсюдно стануть поширеним багатоцільовим конструкційним матеріалом.

#### **17.4 Нові конструктивні концепції**

Ці концепції стосуються як нових матеріалів, описаних у попередньому розділі, але й наступного.

***А – нових конструкцій окремих елементів.*** Як приклад можна, навести багатошарову конструкцію при розрахунку підлоги транспортного засобу.

Ця конструкція, що здавна застосовується в авіабудуванні, відрізняється легкістю і жорсткістю і в багатьох випадках є єдиною раціональною. Іншою ілюстрацією може бути фургон-рефрижератор. Завдяки своїм перевагам багатошарова конструкція в даний час знаходить застосування також у будівництві. Особливо прийнятною вона є для виробництва збірних монтажних плит.

**Б – нових ідей** (вона представлена нижче) у створенні вантажних автомобілів, один з яких є, по суті, певним різновидом напівпричепа. Принцип полягає в тому, що кузов фургона з'єднаний з рамою шасі способом, що припускає легке роз'єднання. Цей кузов має чотири висувні стійки для стоянки.

Стойки, складені при русі, після прибуття на місце розвантаження опускаються таким чином, що кузов може на них спертися, а все шасі (очевидно, разом з двигуном, кабіною водія і т.п.), відчеплене від кузова, виїжджає з-під нього і відразу ж готове до прийняття іншого, попередньо підготовленого для транспортування кузова.

Вся ця операція, однак, неможлива без досить складного механізму. При від'єднанні шасі від кузова, який трохи піднімається вгору за допомогою пневматичних подушок, стійки опускаються вертикально вниз і блокуються, а потім повітря з подушок випускається до того моменту, коли кузов отримає опори на стійках. Зворотна операція дозволяє встановити кузов на шасі, зробити складання і весь транспортний засіб готовий до роботи.

## 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 Пабблишинг, 2003. 184 с.
  22. Павловский Я. Автомобильные кузова. Машиностроение, 1977. 544 с.
  23. Портер Л. Автомобильные кузова. Руководство по ремонту. С. Петербург : Алфамер Пабблишинг, 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 Пабблишинг, 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.

*Навчальне видання*

**АРТЮХ Олександр Миколайович  
ДУДАРЕНКО Ольга Василівна  
КУЗЬМІН Віктор Володимирович  
СОСИК Андрій Юрійович  
ЩЕРБИНА Андрій Васильович**

## **АВТОМОБІЛЬНІ КУЗОВИ**

### **ЧАСТИНА 2**

*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. 15,34.  
Тираж 100 прим. Зам. № 79.

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.