فصل ۵

دستگاه فرمان و هدایت خودروها

هدف‌های رفتاری: هنرجو پس از فراگیری این فصل می‌تواند:

- **اجزای تشکیل دهندهٔ سیستم فرمان خودرو را نام ببرد.**
- **انواع فرمان‌های ایمن را تعریف کند.**
- **طرز کار فرمان کشویی را شرح دهد.**
- **طرز کار فرمان حلزونی تاج خروسی را توضیح دهد.**
- **طرز کار جعبه فرمان ساچمه‌ای را توضیح دهد.**
- **طرز کار جعبه فرمان انگشتی را بیان کند.**
- **طرز کار جعبه فرمان حلزونی غلتکی را تشریح کند.**
- **هندسهٔ فرمان و نحوهٔ پیچش صحیح خودرو را در یک پیچ توضیح دهد.**

۵ـ دستگاه فرمان و هدایت خودروها

۱ـ۵ـ نوع مکانیکی

کار دستگاه فرمان، هدایت مطلوب خودرو در مسیر دلخواه راننده است.

دستگاه فرمان، از سه قسمت اساسی تشکیل شده است :

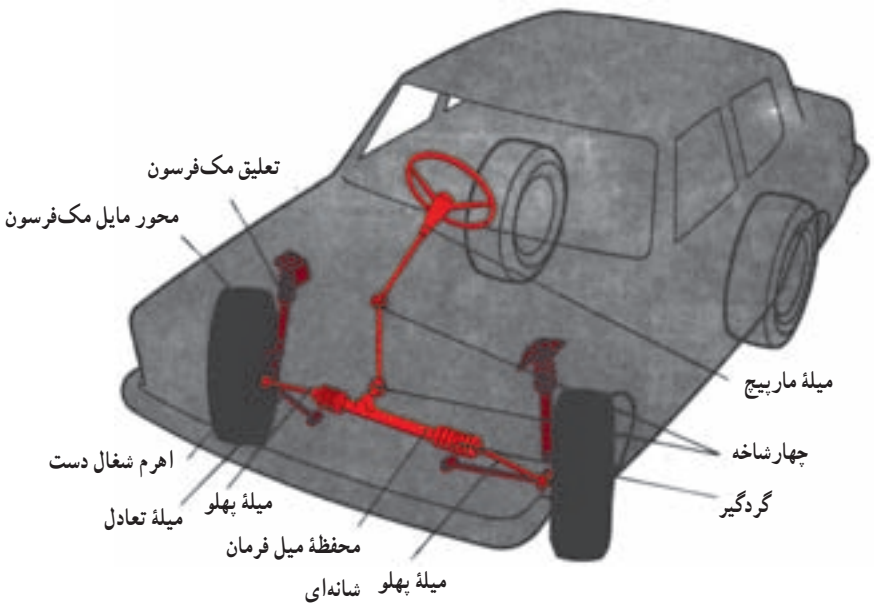
ـ فلکهٔ فرمان و مارپیچ،

ـ جعبهٔ فرمان،

ـ اهرم‌بندی.

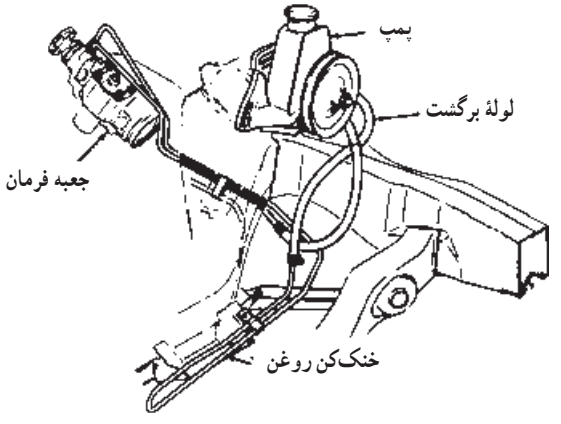
کار فلکهٔ فرمان انتقال دادن نیروی دست راننده به مارپیچ فرمان است.

کار جعبه فرمان، تبدیل گشتاور است؛ یعنی گشتاور کمی که راننده به فلکه وارد می‌کند، در جعبه



شکل ۱ــ۵ــ سیستم فرمان

فرمان به گشتاور زیادی که برای به حرکت در آوردن چرخ‌های جلو مورد نیاز است، تبدیل می‌شود. در جعبهٔ فرمان‌های مکانیکی، تبدیل گشتاور فقط از نوع مکانیکی است و نسبت بین چرخ‌دنده‌های مارپیچ و تاج خروسی، تعیین کنندهٔ میزان گشتاورِ تبدیل شده، است. در جعبه فرمان‌های پرقدرت، علاوه بر تبدیل گشتاور مکانیکی، از نیروی روغن تحتِ فشار پمپ فرمان نیز، برای حرکت دادن سیستم فرمان استفاده می‌شود. در این گونه خودروها که نوع فرمان آن‌ها «پرقدرت» نامیده می‌شود، فشار روغن به نیروی دست راننده کمک می‌کند تا عمل فرمان دادن به سهولت انجام شود. در مورد فرمان‌های پرقدرت، در شاسی و بدنه (۲) به تفصیل بحث خواهیم کرد. در اینجا، اشاره مختصری کرده‌ایم تا تفاوت اساسی بین دو سیستم به اختصار روشن شود.



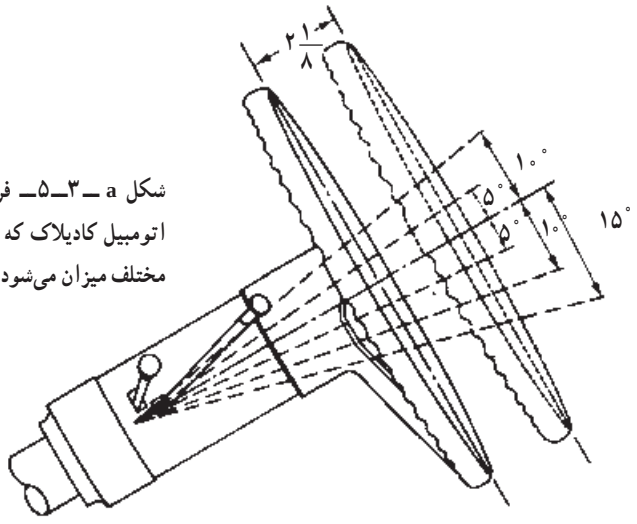
شکل ۲ــ۵ــ مدار سادهٔ فرمان پرقدرت

در خودروهای جدید، میل فرمان به نحوی طرّاحی می‌شود تا در هنگام بروز تصادف و وارد آمدن ضربه از جلوی خودرو، میل فرمان به گونه‌ای خم شود که به داخل فشرده گردد تا از برخورد فلکه با سینهٔ راننده جلوگیری کند.

۲ـ۵ـ انواع فلکه و میل فرمان

در فرمان نوع اوّل، فلکه در شش وضعیّت تنظیم‌پذیر است. به وسیلهٔ دکمه‌ای، ۵ و ۱۰ و ۱۵ درجه به بالا و معادل آن را به پایین حرکت می‌کند. به علاوه، می‌توان نسبت به قدِ راننده، فلکهٔ فرمان را حدود $۲\frac{۱}{۸}$ اینچ به طور تلسکوپی در جهت میل فرمان به سمت داخل یا خارج حرکت داد.

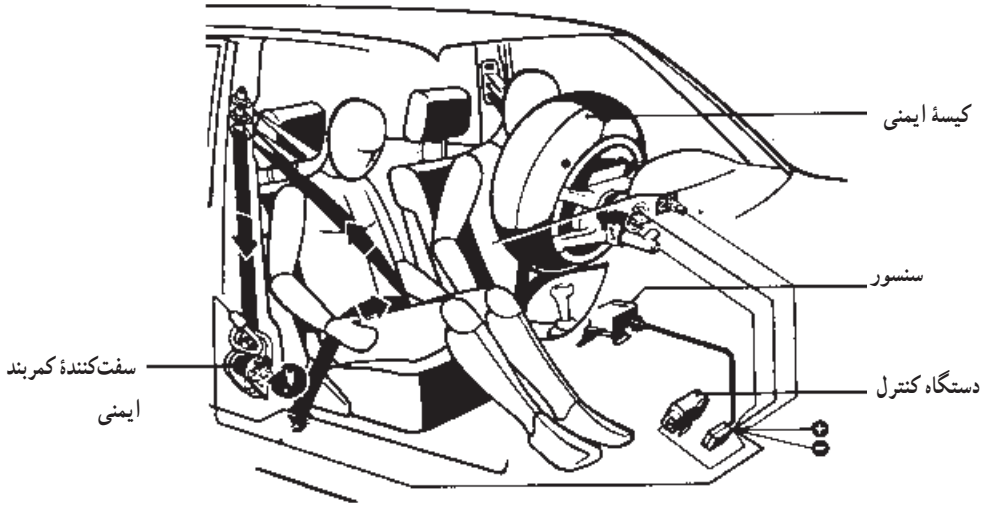
در شش نوع پایین شکل ۳ـ۵، از چهار شاخه، بست خم شونده و کوپلینگ بافته شده استفاده کرده‌اند که هر یک در دو حالت نشان داده شده است. حالت‌های بالا در هنگام رانندگی عادی و حالت‌های زیر در هنگام اصابت جلوی خودرو به مانع و فرو رفتن قسمت جلو است. در هر حال، از نظر ایمنی سعی طرّاحان بر آن است که در هنگام تصادف، فلکهٔ فرمان یا به سمت داخل فرو رود که این عمل را فرمان‌های تلسکوپی انجام می‌دهند، یا به سمت بالا خم شود تا سینه و شکم راننده در معرض فشردگی قرار نگیرد. این عمل، با فرمان‌های خم شونده امکان‌پذیر است. البتّه در خودروهای پیشرفته، از باز شدن کیسهٔ ایمنی نهفته در محفظهٔ وسط فلکه استفاده می‌شود و هم‌زمان با برخورد شدید خودرو، کیسه‌ای از داخل فلکه بیرون پریده با گازِ سوخت جامد باد می‌شود و بین سینه و صورت با فلکه، حایل می‌شود تا از اصابت شدید فلکه با سینه یا صورت ممانعت کند (شکل ۴ـ۵).



شکل a ـ۳ـ۵ـ فرمان تلسکوپی و خم‌شونده در اتومبیل کادیلاک که به‌وسیلهٔ اهرم درشش وضعیّت مختلف میزان می‌شود

شکل b ــ۳ــ۵ــ فرمان‌هایی که در موقع واردآمدن ضربه در هم فرو می‌روند.

شکل ۳ــ۵ــ انواع فرمان‌های خم شونده و تلسکوپی



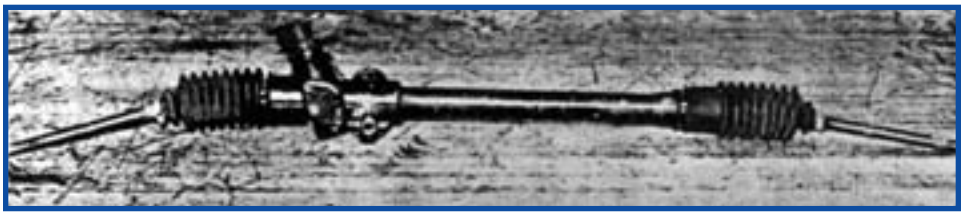
شکل ۴ــ۵ــ کیسهٔ ایمنی

۳ـ۵ـ انواع جعبه فرمان مکانیکی

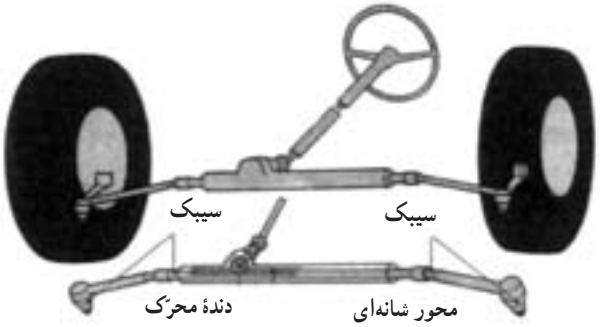
۱ـ۳ـ۵ـ جعبه فرمان کشویی: در این نوع جعبه فرمان، میل مارپیچ به چرخ دندهٔ کوچکی متّصل می‌شود که مارپیچ فرمان به حساب می‌آید و با فلکهٔ فرمان حرکت دَوَرانی می‌کند. به این قطعه، «پی‌نیون» هم گفته می‌شود.

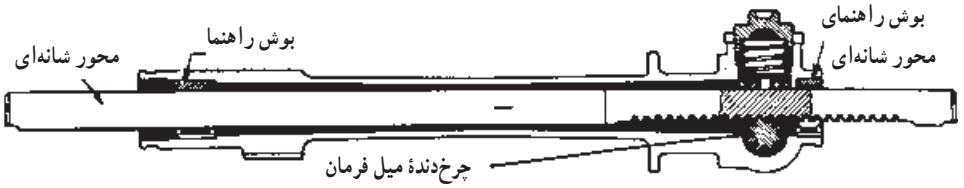
پی‌نیون با یک میلهٔ بلند دندانه‌دارِ شانه‌ای درگیر می‌شود. این میله، همان میل بلند فرمان درذوزنقهٔ فرمان است که بحث آن بعداً خواهد آمد.

ــ **طرز کار** : با حرکت دَوَرانی فلکهٔ فرمان و پی‌نیون، میل شانه‌ای به صورت خطّی حرکت می‌کند. این حرکت، به اهرم‌های چرخ (شغال‌دست) انتقال یافته، چرخ‌ها را حول محورشان که سیبکی هستند، به دَوَران در می‌آورد.



شکل ۵ــ۵ــ شکل واقعی جعبه فرمان کشویی

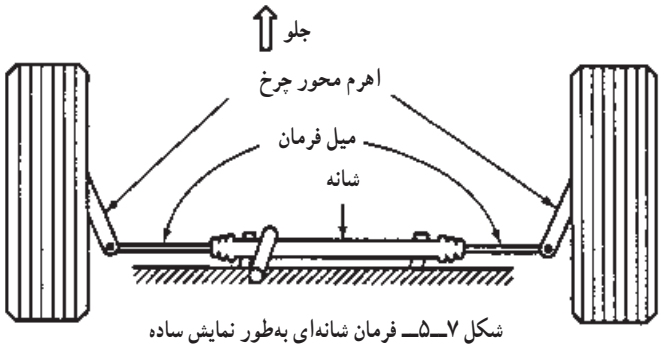




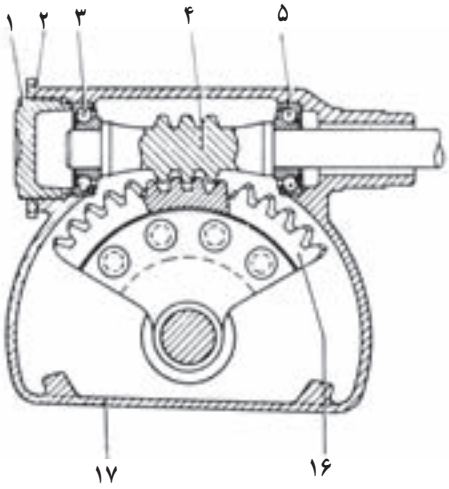
شکل ۶ــ۵ــ فرمان شانه‌ای

برای آنکه میل فرمان شانه‌ای با پی‌نیون در تماس مطمئن قرار گیرد، میل شانه‌ای فرمان را در داخل لوله‌ای قرار داده دو انتهای آن را یاتاقان‌بندی کرده‌اند. این یاتاقان‌ها که بوش راهنما هستند، میل شانه‌ای را در خطّ مستقیم نگه می‌دارند تا فاصلهٔ آن با پی‌نیون حفظ شود. علاوه بر بوش‌های دو طرف، محلّی برای تنظیم لقّی شانه و پی‌نیون طرّاحی می‌شود. این محل هم، به بوش تنظیم معروف است که فنری شانه

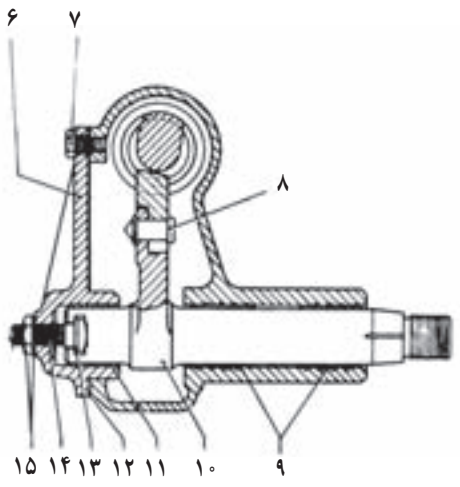
را به پی‌نیون اتّصال می‌دهد و تماس آن دو را تضمین می‌کند (اشکال ۵ــ۵ تا ۷ــ۵).



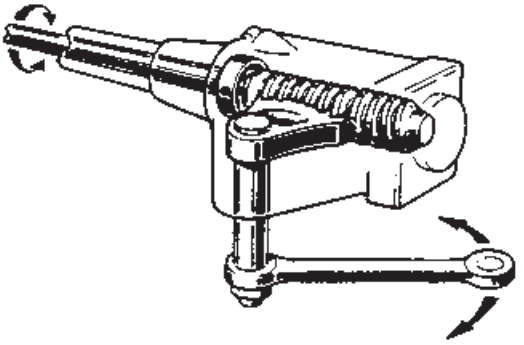
شکل ۷ــ۵ــ فرمان شانه‌ای به‌طور نمایش ساده



۱ــ مهرهٔ تنظیم لقّی یاتاقان مارپیچ



۱۴ــ پیچ تنظیم لقی تاج‌خروسی



شکل ۸ــ۵ــ جعبه فرمان حلزونی ــ تاج‌خروسی

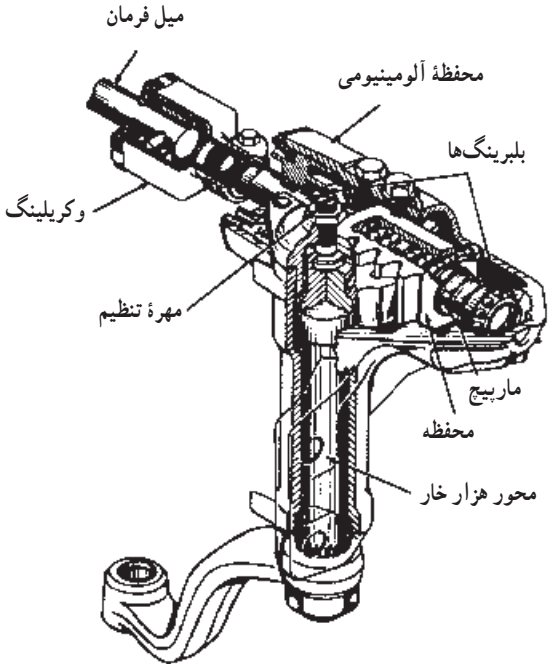
۲ـ۳ـ ۵ـ جعبه فرمان حلزونی تاج‌خروسی: در این نوع جعبه فرمان، یک ماریپیچ حلزونی به کار رفته که با فلکهٔ فرمان، حرکت دورانی می‌کند. ماریپیچ حلزونی با چرخ دنده‌دارِ دایره شکلی، درگیر می‌شود و حرکت فلکهٔ فرمان را به چرخ دنده‌دار انتقال می‌دهد. اهرم هزار خار که به میل‌فرمان، حرکت خطّی می‌دهد به این چرخ دنده‌دار (تاج خروسی) متّصل گردیده است؛ بنابراین، باحرکت ماریپیچ فرمان، نیرو به تاج‌خروسی وارد می‌شود و چون تاج‌خروسی با اهرم هزار خار یک‌پارچه گردیده، اهرم هزار خار هم حرکت دورانی محدود می‌نماید. این حرکت به اهرم بلند فرمان انتقال یافته، بالاخره سیستم اهرم‌بندی را به حرکت در می‌آورد (شکل ۸ـ۵).

۳ـ۳ـ ۵ـ جعبه فرمان ساچمه‌ای: در این نوع جعبه فرمان، بر روی ماریپیچ حلزونی،جعبهٔ دنده‌داری قرار دارد که داخل آن از ساچمه پر شده است. روی ماریپیچ، یک محفظهٔ پر از ساچمه قرار دارد که داخل آن دنده‌دار است و در داخل دنده‌ها ساچمه قرار می‌گیرد. به علّت ضریب اصطکاک کمی که ساچمه نسبت به دنده دارد، انتقال نیرو بین ماریپیچ و محفظهٔ ساچمه، به راحتی انجام می‌گیرد؛ بنابراین، معمولاً این نوع جعبه فرمان‌ها کم اصطکاک‌تر هستند و با نیروی کمتری چرخ‌های جلو را می‌چرخانند. این سیستم، شبیه بلبرینگی است که روی محوری قرار دارد و ساچمهٔ آن در طول ماریپیچ، بلبرینگ را حرکت خطّی می‌دهد؛ از این‌رو به روانی بلبرینگ، عمل می‌کند.

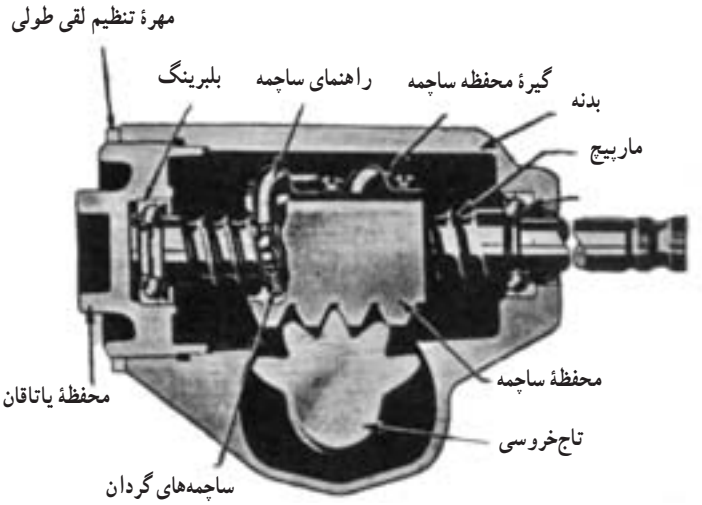
ساچمه‌ها، در دو ریل جدا از هم در شیارهای محفظه، پر شده‌اند و چون ریل محفظه با زاویه، طرّاحی و ساخته شده است در نتیجه، با پیچاندن ماریپیچ، ساچمه‌ها به انتهای ریل ماریپیچ هدایت می‌شوند. در انتهای مسیر حرکت، وقتی ساچمه‌ها از شیار ماریپیچ خارج شدند، به لولهٔ راهنما می‌رسند. لوله‌های راهنما ساچمه‌ها را مجدداً به ابتدای مسیر ماریپیچ هدایت می‌کنند. به علّت چرخش ساچمه‌ها در مدار معیّن، به این گونه جعبه فرمان‌ها «نوع ساچمه‌ای چرخنده» نیز می‌گویند. با حرکت خطّی محفظه در روی ماریپیچ، دندانه‌های روی محفظه که با تاج خروسی محور هزار خار درگیر هستند، به تاج‌خروسی حرکت دورانی می‌دهد و به دنبال آن، محور هزار خار هم، حرکت دورانی می‌کند.

در انتهای ماریپیچ فرمان و در ابتدای جعبه فرمان، محلّی برای یاتاقان‌بندی ماریپیچ، پیش‌بینی شده است. معمولاً یاتاقان انتهایی، تکیه‌گاه قابل تنظیمی دارد تا با پیچاندن تکیه‌گاه، بتوان ماریپیچ را در محلّ درستی، نسبت به محفظه قرار داد. ممکن است این تنظیم طولی ماریپیچ با واشر گذاری انجام شود (مانند جعبه فرمان پیکان).

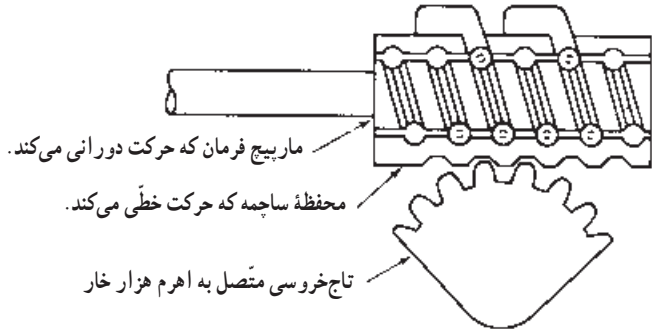
گاهی محلّ تنظیمی برای دندهٔ تاج خروسی، اهرم هزار خار با محفظه در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۹ــ۵ــ ساختمان داخلی جعبه فرمان و اهرم‌بندی آن

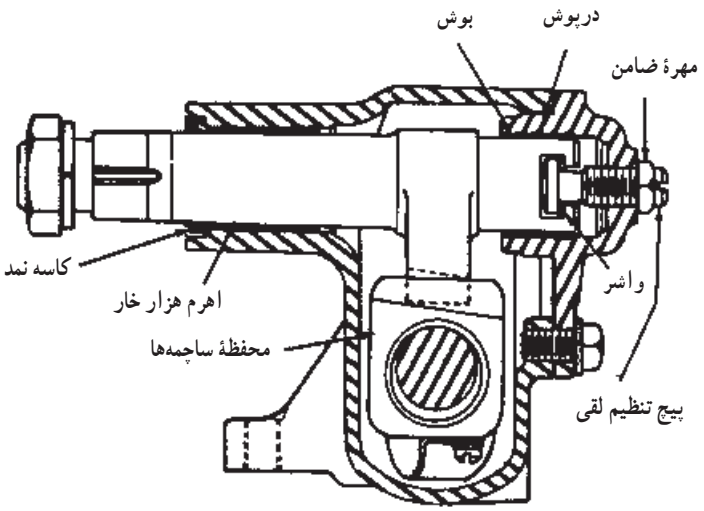


شکل ۱۰ــ۵ــ ساختمان جعبه‌فرمان



شکل ۱۱ــ۵ــ شکل ساده‌ای از جعبه فرمان ساچمه‌ای

محور اهرم هزار خار، به‌وسیلهٔ بوش یا یاتاقان‌بندی غلتکی در بدنهٔ جعبه فرمان قرار می‌گیرد. بین دندانه‌های محفظهٔ ساچمه و تاج‌خروسی اهرم هزار خار، زاویه‌ای وجود دارد که درشکل **۹ــ۵** دیده می‌شود. این زاویه، برای درگیری بهتر دو دندانه با هم است و لقّی بین دو عضو را می‌کاهد. برای تنظیم لقّی مجاز بین آن دو، پیچ تنظیمی در روی درپوش جعبه فرمان، پیش‌بینی می‌شود. این پیچ دارای مهرهٔ ضامنی است که به هنگام تنظیم، چرخ‌ها را در حالت مستقیم قرار می‌دهد. بدین ترتیب، مهرهٔ ضامن را شُل کرده سپس با پیچ تنظیم، لقّی مجاز را ایجاد و مهرهٔ ضامن را سفت می‌کنند.

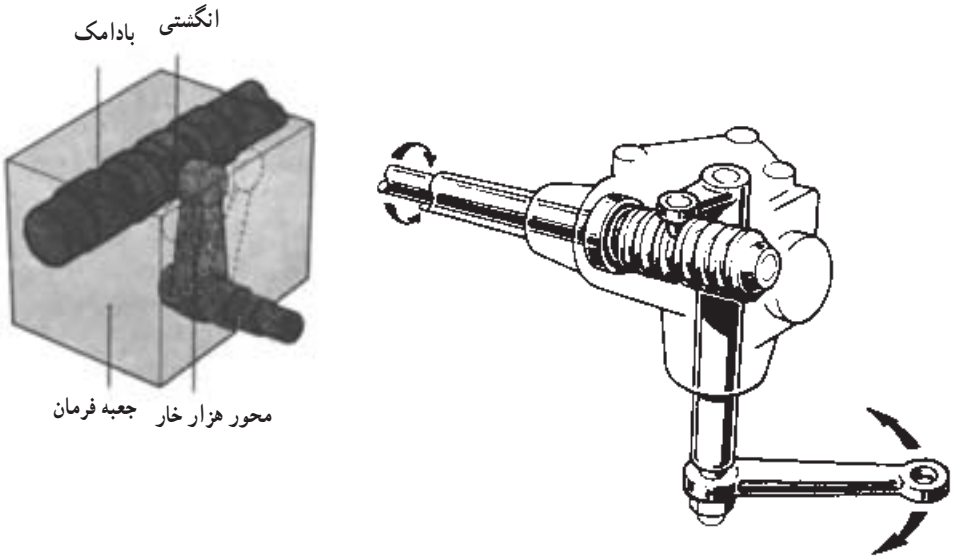


شکل ۱۲ــ۵ــ نمای برش ساختمان جعبه فرمان ساچمه‌ای

لقّی بین دو چرخ دندانه در حالت وسط (حرکت مستقیم) تنظیم می‌شود، زیرا در چنین حالتی، بیشترین کار رانندگی صورت می‌گیرد و از این رو، نباید لقّی نامناسب که هدایت خودرو را دشوار می‌سازد، به‌وجود آید. جعبه فرمان مکانیکی با روغنِ توصیه شدهٔ مناسبی پر می‌شود و دندانه‌ها درروغن، کار می‌کنند. برای جلوگیری از نشتی روغن از جعبه فرمان، کاسه نمدهایی در بین مارپیچ بدنه و یا محور هزار خار و بدنه، نصب می‌کنند. در شکل ۱۲ــ۵ این کاسه نمدها دیده می‌شود.

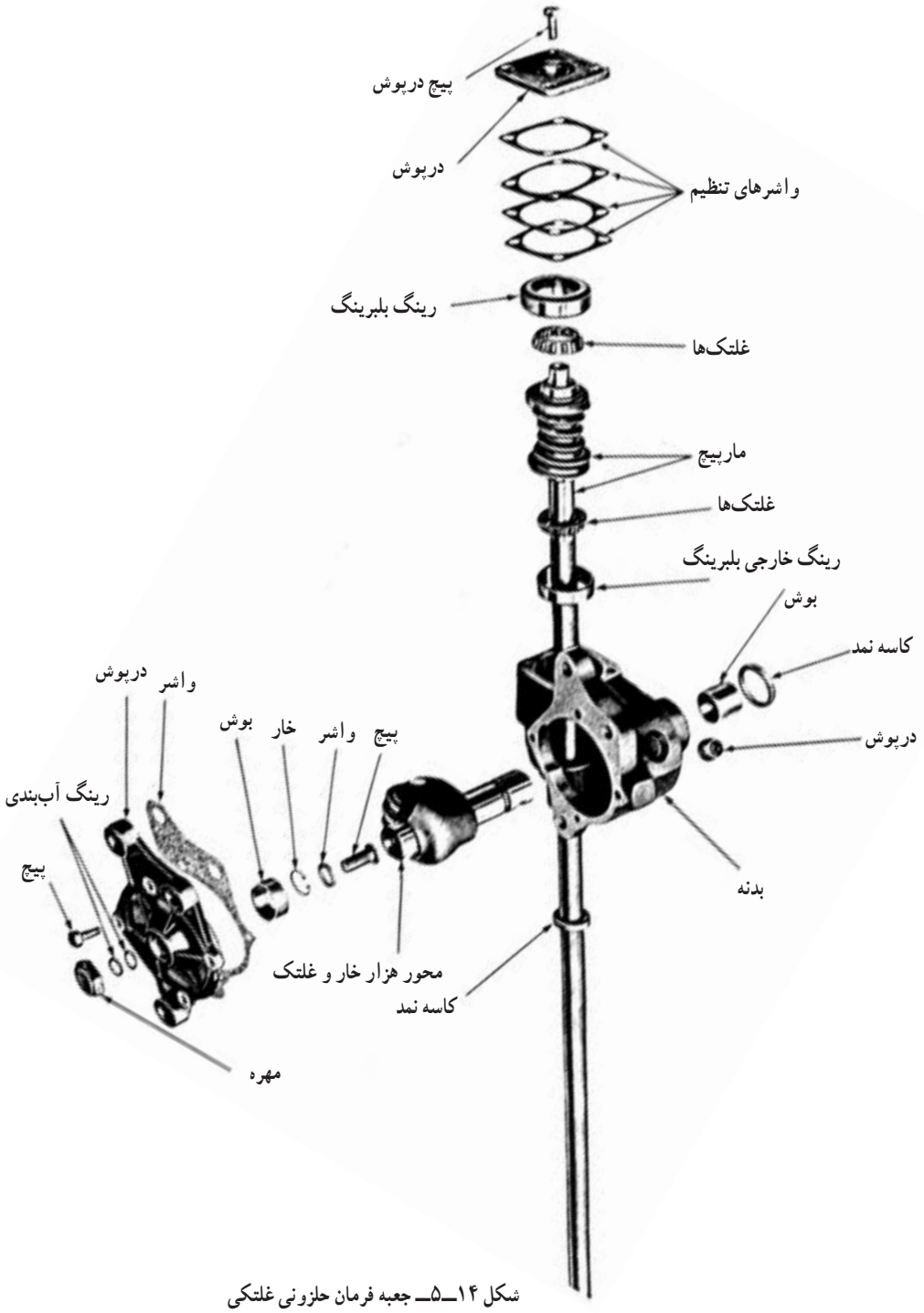
۴ـ۳ـ۵ـ جعبه فرمان انگشتی: در این نوع جعبه فرمان، یک انگشتی به محور اهرم هزارخار متّصل است. این انگشتی در بین مارپیچ قرار می‌گیرد. با حرکت مارپیچ فرمان، انگشتی حرکت خطّی نموده بازوی متّصل به آن، نسبت به محور انگشتی حرکت دورانی می‌کند.

این حرکت به اهرم هزار خار انتقال یافته، میل بزرگ فرمان را به حرکت درمی‌آورد (شکل ۱۳ــ۵).



شکل ۱۳ــ۵ــ جعبه فرمان انگشتی

۵ـ۳ـ۵ـ جعبه فرمان حلزونی غلتکی: در این نوع جعبه فرمان، یک چرخ غلتک‌دار که به محور اهرم هزار خار متّصل است، در روی مارپیچ فرمان قرار گرفته است و با حرکت مارپیچ، چرخ نیز حرکت می‌کند. این حرکت، به اهرم هزار خار انتقال می‌یابد (شکل ۱۴ــ۵).



شکل ۱۴ــ۵ــ جعبه فرمان حلزونی غلتکی

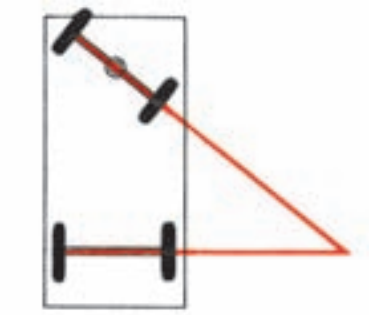
۴ـ۵ـ سیستم اهرم‌بندی دستگاه فرمان

برای آنکه خودرو در هنگام پیچیدن، حرکت مطلوبی داشته باشد، علاوه بر سیستم تعلیق، دستگاه اهرم‌بندی فرمان آن نیز، باید ویژگی موردنظر را داشته باشد تا حرکت صحیح در جادّهٔ قوس‌دار به‌وجود آید. به طورکلّی، برای حرکت درست و بدون لغزش در پیچ این ویژگی، ضروری است :

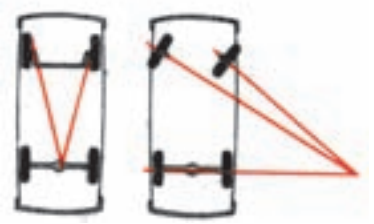
ــ پیچش کلیّهٔ چرخ‌های خودرو، باید حول یک مرکز واحد انجام شود (شکل ۱۵ــ۵).

این اصل که به نام «اصل ردولف آکرمان» معروف است در سال ۱۸۱۸ و قبل از اختراع اتومبیل در هندسه فرمان کالسکه‌ها به کار گرفته شده و به لحاظ درستی طرح، هم اکنون نیز در طرّاحی خودروها کاربرد دارد (شکل ۱۵ــ۵).

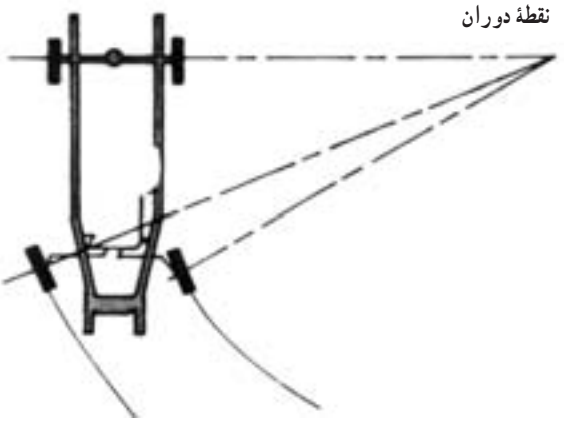
برای آنکه هر چهار چرخ خودرو حول یک مرکز دوران کنند تا از لغزیدن جلوگیری شود، باید هندسهٔ فرمان دارای مشخّصات خاصی باشد.



فرمان‌های ساده در شبکه‌ای که در آن، محور حول نقطهٔ مرکزی دوران می‌کند.



فرمان‌های خودروها، هر چرخ حول محور چرخش خود می‌چرخد.



همهٔ چرخ‌ها حول نقطهٔ واحدی می‌چرخند.

شکل ۱۵ــ۵ــ اصل آکرمان در پیچیدن

۵ـ۵ـ هندسهٔ فرمان

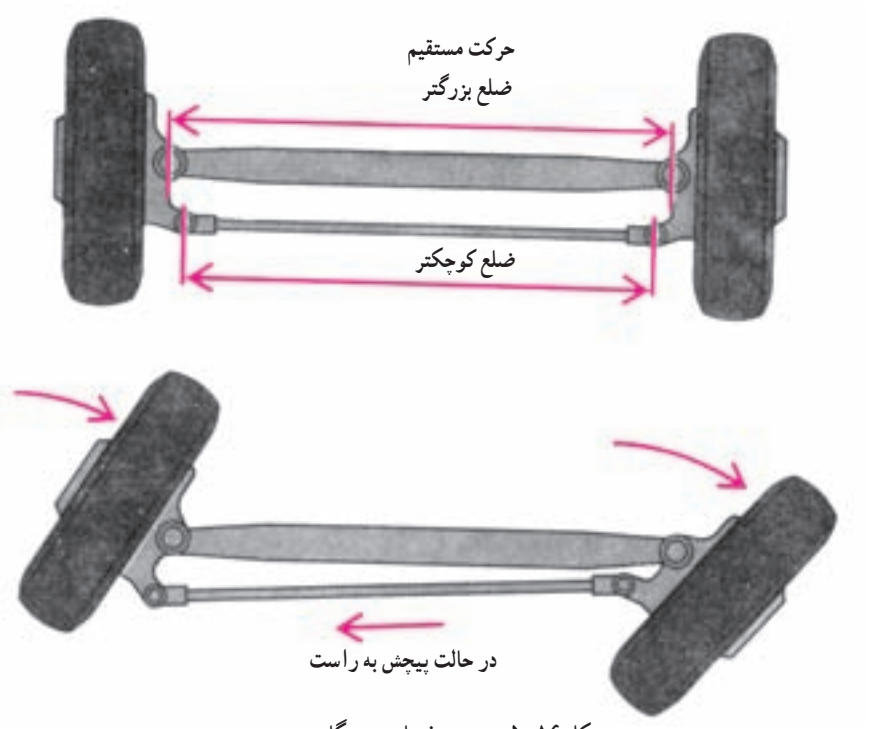
هندسهٔ فرمان، که به آن «ذوزنقه فرمان» نیز گفته می‌شود، دارای چهار ضلع (دو ضلع موازی و دو ضلع غیر موازی) است.

اضلاع موازی ذوزنقه عبارت‌اند از :

ــ **ضلع بزرگتر** : فاصلهٔ بین دو محور سیبک‌های کینگ‌پین،

ــ **ضلع کوچکتر** : فاصلهٔ بین دو سیبک میل فرمان بزرگ.

اضلاع کوچکتر غیر موازی ذوزنقه عبارت است از : امتداد دو محور اهرم چرخ که دراصطلاح عامیانه «شغال‌دست» گفته می‌شود (شکل ۱۶ــ۵).



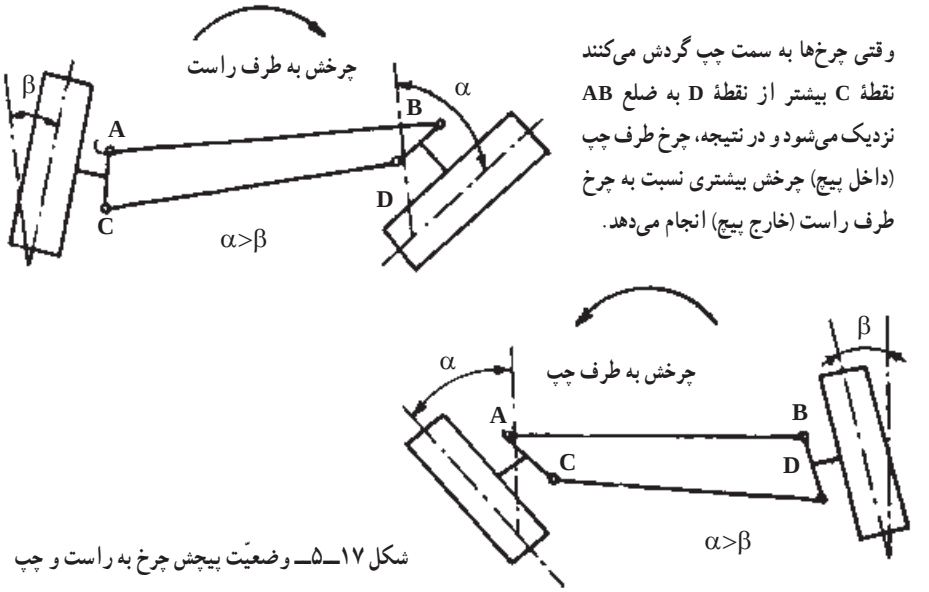
شکل ۱۶ــ۵ــ هندسه فرمان در هنگام پیچیدن

۶ـ۵ـ پیچش چرخ‌های جلو

با انتخاب هندسهٔ فرمان مناسب، نیروی اهرم هزار خار به ضلع موازی و کوچک ذوزنقه (میل‌فرمان بزرگ) وارد می‌شود و رأس داخل پیچ را بیشتر به ضلع بزرگ ذوزنقه نزدیک می‌کند که

در نتیجه، چرخ داخل پیچ را بیشتر از چرخ خارج آن می‌چرخاند. با این طرح، چرخ داخل پیچ ۲۳ درجه و چرخ خارج آن ۲۰ درجه، نسبت به وضع عادّی می‌چرخند تا چرخ‌ها حول مرکز واحدی چرخش کنند (شکل۱۷ــ۵).

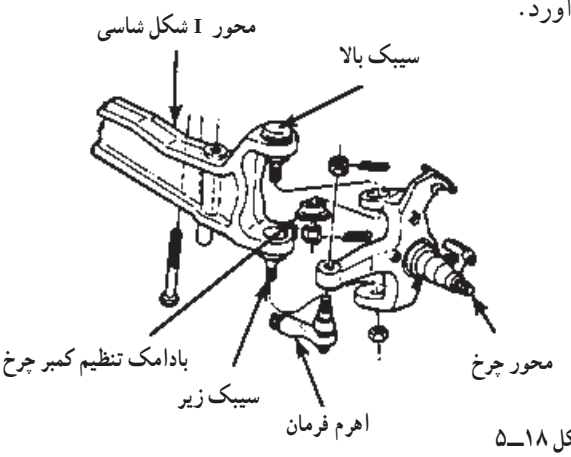
وقتی چرخ‌ها به سمت چپ گردش می‌کنند نقطهٔ C بیشتر از نقطهٔ D به ضلع AB نزدیک می‌شود و در نتیجه، چرخ طرف چپ (داخل پیچ) چرخش بیشتری نسبت به چرخ طرف راست (خارج پیچ) انجام می‌دهد.



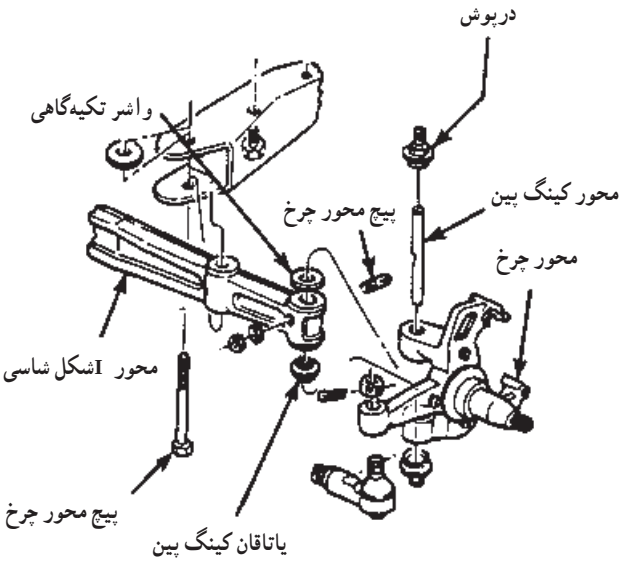
شکل ۱۷ــ۵ــ وضعیّت پیچش چرخ به راست و چپ

۷ــ۵ــ انواع اهرم بندی‌های سیستم فرمان

در خودروهای سنگین سیستم پیچشی محور چرخ جلو به صورت مُشته و دو شاخه است. این دو عضو، به وسیلهٔ یک محور نیرومند به نام «کینگ پین» به یکدیگر متصل شده مفصل‌بندی محکم و باثباتی را به‌وجود می‌آورد.



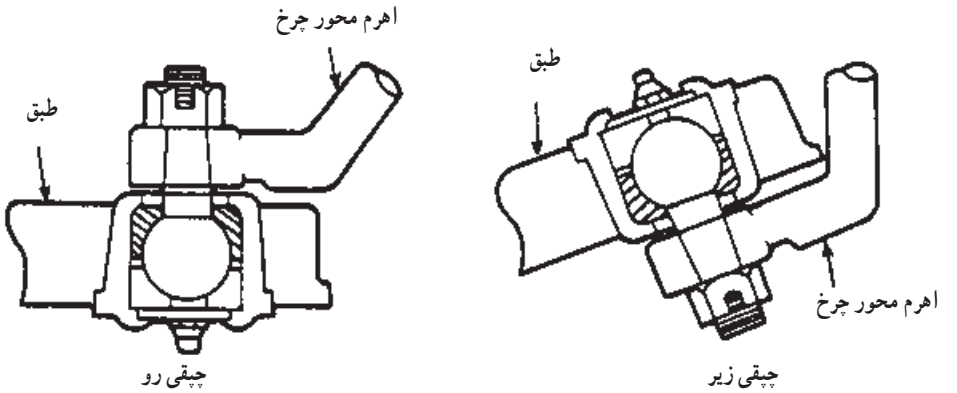
شکل ۱۸ــ۵



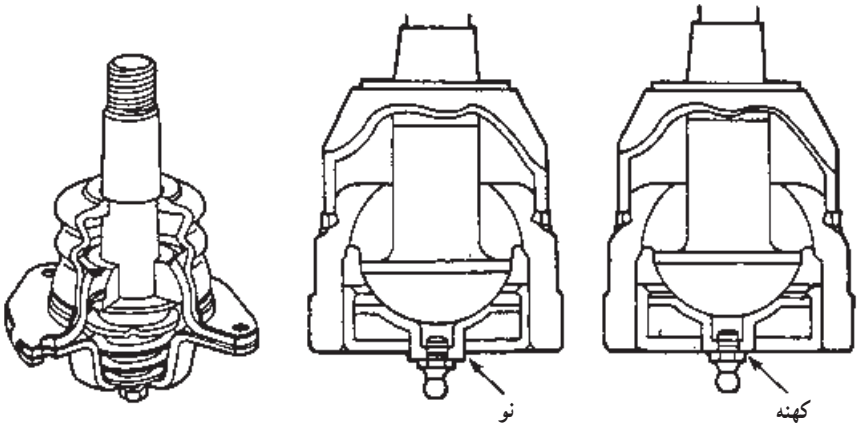
شکل ۱۹ــ۵ــ اهرم‌بندی فرمان در تعلیق ثابت جلو

در خودروهای سبک که سیستم تعلیقِ مستقل دارند، مفصل‌بندی اهرم‌ها از نوع سیبکی است و محور چرخشی چرخ‌های جلو، به اشکال مختلف روی سیبک‌ها قرار می‌گیرد.

مفصل‌های کروی شکل (سیبک‌ها) مفصل‌هایی هستند که به نام سیبک بالا و پایین نامیده می‌شوند (شکل ۲۰ــ۵). حرکت نرم و موزون، می‌تواند با استفاده از سیبک‌های پلاستیکی به‌وجود آید. به مفصل کُروی که بار عمودی را تحمّل می‌کند، «سیبک» (شکل ۲۰ــ۵) و به سیبک‌هایی که بار مالشی و سایشی را تحمّل می‌کند، «چپقی» گویند (شکل ۱۹ــ۵).

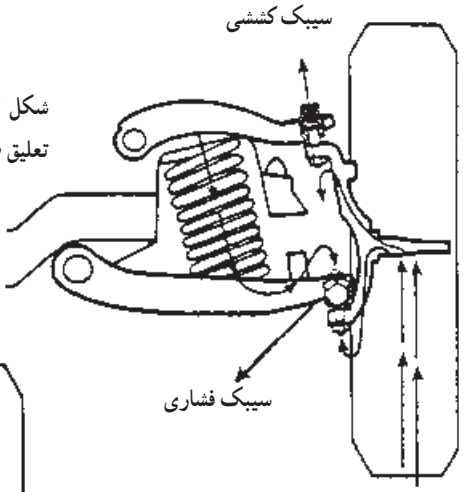


شکل ۲۰ــ۵ــ چپقی

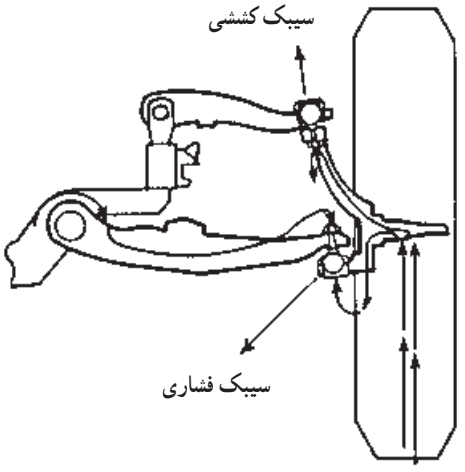


شکل ۲۱ــ۵ــ سیبک

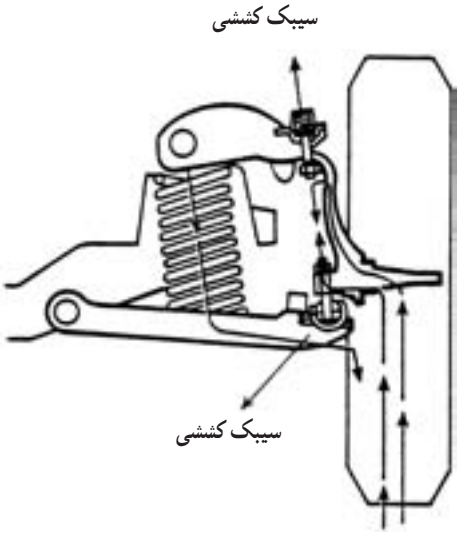
در اشکال (۲۲ــ۵ تا ۲۴ــ۵) سیبک‌ها در معرض نیروهای متفاوتی قرار گرفته‌اند. بنابراین، هر سیبک را برای جذب بار معیّنی طرّاحی می‌کنند.



شکل ۲۲ــ۵ــ نمایش نیرو بر سیبک‌های تعلیق طبق‌دار دوبل، با فنر مارپیچی



شکل ۲۳ــ۵ــ نمایش نیرو بر سیبک‌های طبق‌دار دوبل، با فنر پیچشی



شکل ۲۴ــ۵ــ سیبک‌ها هر دو در معرض کشش هستند.

پرسش ؟

۱ـ اجزای به کار رفته در دستگاه فرمان مکانیکی را توضیح دهید و مدار حرکت آن را رسم کنید.

۲ـ انواع فلکه‌های فرمان ایمن را شرح دهید.

۳ـ طرز کار فرمان کشویی را بنویسید.

۴ـ طرز کار فرمان حلزونی تاج‌خروسی را تعریف کنید.

۵ـ طرز کار و ساختمان جعبه فرمان ساچمه‌ای را شرح دهید.

۶ـ ساختمان و طرز کار جعبه فرمان انگشتی را توضیح دهید.

۷ ـ ساختمان و طرز کار جعبه فرمان حلزونی غلتکی را تشریح کنید.

۸ـ هندسهٔ فرمان و شرایط پیچش خودرو در یک پیچ را شرح دهید.