

ОБЗОРНАЯ ЛЕКЦИЯ

Основные составляющие машин и конструкций

(подробно их возможности и техническая характеристика, критерии выбора и расчёт даны в соответствующих источниках, часть из них приведена в конце)

Неотъемлемой частью машины являются отвечающие её целевому назначению РАБОЧИЕ ОРГАНЫ и их ПРИВОД, в который входят двигатель, передачи, трансмиссионные валы (при необходимости), муфты и рама (основание, остов, металлоконструкция, кузов).

ДВИГАТЕЛИ (преобразуют какую-либо энергию в механическую) — внутреннего сгорания (ДВС: дизельные, карбюраторные, с внутренним впрыском), электрические вращательного движения (электродвигатели: постоянного тока — параллельного, последовательного и смешанного возбуждения; переменного трёхфазного тока — асинхронные с короткозамкнутым и фазным ротором, синхронные, многоскоростные; переменного однофазного тока, в том числе коллекторные), электрические не вращательного движения (шаговые, плунжерные, с поворотным якорем, электрогидротолкатели), гидравлические вращательного движения (гидромоторы аксиально- и радиально-поршневые, шестерённые, лопастные) и поступательного (гидроцилиндры), пневматические вращательного движения (лопастные, ротационные) и поступательного (пневмоцилиндры).

При выборе двигателя необходимо учитывать:

- назначение проектируемого устройства и условия его эксплуатации;
- наличие альтернативных источников энергии;
- величину потребной мощности (на приведение в действие рабочих органов и преодоление потерь в кинематической цепи привода, последние учитывают через КПД составляющих);
- для электродвигателей переменного трёхфазного тока — желательную частоту вращения (через частоту вращения вала рабочей машины, ориентируясь на рекомендуемые значения передаточных чисел передач; значительно расширяет диапазон применения электродвигателей регулирование скорости с помощью преобразователей частоты тока);
- ограничения по массе, габаритным размерам и другим параметрам;

– режим работы и обеспечение соответствующей механической характеристики (развитие момента или усилия, достаточного для разгона до номинальной скорости с заданным ускорением).

При выполнении полевых работ обычно используют тракторы — в них предусмотрена реализация энергии двигателя как на перемещение агрегата при выполнении технологического процесса, так и на приведение в действие рабочих органов через валы отбора мощности (в том числе и боковой) и гидравлическую систему, что намного расширяет возможности модернизации и разработки машин. Есть модификации тракторов со специальной более производительной гидравлической системой отбора мощности (ГСОМ), а также с возможностью отбора мощности непосредственно от зубчатых колёс коробки перемены передач (через окна снятием крышек корпуса и введением в зацепление дополнительных колёс с выходными валами).

В то же время следует отметить, что вопросу дополнительного отбора мощности от двигателей и коробок скоростей до настоящего времени не уделяется должного внимания, например: у двигателей внутреннего сгорания тракторов не предусмотрена возможность установки впереди двигателя раздаточной коробки, с муфтой включения от переднего конца коленчатого вала, с выходными валами отбора мощности; коробка скоростей автомобилей и тракторов редко дополняется раздаточной коробкой или возможностью её установки.

ПЕРЕДАЧИ (служат для переноса энергии) — электрические, гидравлические, пневматические, механические и комбинированные.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ (они же механизмы для преобразования параметров, режы характера движения) получили в машинах преимущественное применение, так как дают возможность: понижать или повышать скорость рабочего органа; понижать или повышать крутящий момент; регулировать и изменять скорость и момент; суммировать или разделять движения и моменты; передать движение на расстояние; изменять направление — реверсирование, плоскость, траекторию и характер движения (в том числе преобразовать вращательное движение в поступательное, винтовое, качательное, по заданной траектории и наоборот); предохранить детали от поломок при перегрузках.

Для выбора механических передачи удобна их классификация:
по назначению — силовые и кинематические (в приборах);

по способу передачи нагрузки — трением (фрикционные; ременные — ремнём плоским, клиновым, поликлиновым, круглым) и зацеплением (цепные — цепью втулочно-роликовой, зубчатой и втулочной; зубчатым ремнём; зубчатыми колёсами; червячные; цевочные; винт-гайка), а также с гибкой связью (ременные и цепные) и непосредственным контактом (остальные вышеперечисленные);

по передаче движения между валами — параллельными (фрикционные; ременные; цепные; зубчатым ремнём; цилиндрическими зубчатыми колёсами — прямо- или косозубые и шевронные; цевочные), соосными (цилиндрическими зубчатыми колёсами — две пары; планетарные; волновые; винт-гайка; фрикционные), пересекающимися (коническими зубчатыми колёсами — прямо-, косо- или с криволинейным зубом; фрикционные; плоско- и круглоременные), скрещивающимися (винтовые; гипоидные; червячные — с червяком цилиндрическим или глобоидным; плоско- и круглоременные);

по изменению частоты вращения вторичного вала — понижающие (преимущественно, при этом пропорционально возрастает крутящий момент) и повышающие;

с передаточным отношением — постоянным (редукторы; мультипликаторы), изменяющимся ступенчато (коробки скоростей) и бесступенчато (вариаторы — фрикционные, цепные);

по оформлению — открытые (возможен ограждающий кожух) и закрытые (имеют корпус для размещения составляющих, смазки и защиты).

Механические передачи характеризуются областью применения, передаваемой мощностью, коэффициентом полезного действия, частотой вращения валов ведущего n_1 и ведомого n_2 , передаточным отношением $u=n_1/n_2$ (в направлении потока мощности; для ступени передачи зацеплением чаще используют передаточное число $i=z_2/z_1$), крутящими моментами на валах, окружной или линейной скоростью, габаритами, массой, сроком службы; важны показатели по шуму, а также сложности изготовления, монтажа и эксплуатации.

Большое распространение получили редукторы, представляющие собой понижающую зубчатую или червячную передачу, выполненную в закрытом корпусе в виде самостоятельного агрегата с выходными концами валов (уменьшается угловая скорость ведомого вала и соответственно увеличивается крутящий момент). Редукторы различают:

по виду передач (Ц — цилиндрические эвольвентного зацепления с прямыми, косыми и шевронными зубьями; Ц...Н — цилиндрические с зацепление Новикова; К — конические с прямым и криволинейным зубом; Ч — червячные с цилиндрическим червяком; Чг — червячные глобоидные; Чог — червячные с охлаждением глобоидные; П — планетарные; В — волновые);

по количеству ступеней (одно-, двух-, трёхступенчатые и более, в т. ч. сочетанием различных передач) и *потоку мощности* (полно поточные и с раздвоенной быстроходной или тихоходной ступенью);

по расположению валов в плоскостях (горизонтальной, вертикальной, вертикальной и горизонтальной; горизонтальные валы в вертикальной плоскости — вертикальный редуктор);

по взаимному расположению входных и выходных валов в пространстве (соосный; с осями валов параллельными, пересекающимися, скрещивающимися);

по числу выходных концов валов и их направлению;

по форме выходных концов валов (цилиндрический или конический обычно с призматической шпонкой, цилиндрический со шлицами, в виде полумуфты зубчатой или кулачковой, полый с внутренними шлицами, профильный для команд аппаратов);

по креплению корпуса (на полу, потолке, вертикальной стене; на лапах или плите, фланце; с навесным креплением или насадным — полый тихоходный вал редуктора охватывает вал рабочей машины).

Выбор редукторов производят по параметрам: назначение, режим работы, крутящий момент тихоходного вала, частота вращения первичного (быстроходного) вала, передаточное число, вариант сборки (исполнение), конструктивное исполнение по способу монтажа (крепление), форма тихоходного конца вала, точность изготовления, климатические условия и категория размещения.

ТРАНСМИССИОННЫЕ ВАЛЫ могут быть элементом механической передачи, в том числе составные (с подвижным шлицевым или профильным соединением) с одним или двумя шарнирами Гука — карданный вал, что позволяет передать движение на значительное расстояние между изменяющими своё положение соединяемыми валами.

МУФТЫ (соединяют валы и передают вращение и крутящий момент между ними, а также с вала на свободно сидящую на нём деталь или об-

ратно) — глухие (делают разъёмные валы единым целым), подвижные (соединяют несоосные валы, компенсируя смещения осевое, радиальное и угловое), сцепные (один из валов можно остановить), свободного хода или обгонные (передают вращение в одну сторону), предохранительные (ограничивают величину передаваемого крутящего момента), центробежные (соединяют или разъединяют валы при достижении определённой частоты вращения), комбинированные и специальные. Также муфты подразделяют — постоянные (глухие, компенсирующие жёсткие или упругие), сцепления управляемые (кулачковые, фрикционные) или самоуправляемые (свободного хода, предохранительные, центробежные), комбинированные.

Большое число муфт стандартизовано и их выбирают по назначению, величине расчётного крутящего момента, диаметрам соединяемых концов валов (разница между диаметрами не более 25%, и больший не превышает посадочное отверстие полумуфты), предельной частоте вращения.

РАМА — соединяет воедино составные части изделия с обеспечением их нормального взаимного функционирования (для единичного привода чаще выполняют сварной из прокатного профиля, несущий контур обычно швеллер, высота которого порядка 0,1 наибольшего габарита привода, при этом полка должна обеспечить размещение болтовых соединений).

Следует отметить, что механические передачи до настоящего времени имеют преимущественное применение, в том числе и из-за традиционных подходов к проектированию, в то время как проработка вариантов может привести к более рациональному решению. Например:

– применение МОТОР-РЕДУКТОРА, который объединяет на базе общего корпуса электродвигатель и редуктор, значительно упрощает схему привода при использовании электрической энергии, особенно при приведении в действие ряда удалённых друг от друга рабочих органов (каждый приводится в действие отдельным мотор-редуктором). Выбор мотор-редукторов производят по параметрам: назначение, режим работы, вращающий (крутящий) момент выходного вала и частота вращения, форма конца выходного вала, конструктивное исполнение по способу монтажа (крепление), точность изготовления редукторной части, номинальное напряжение сети переменного трёхфазного тока, климатические условия и категория размещения;

– схема индивидуального привода может быть успешно применена и при использовании гидравлических или пневматических двигателей, в том числе и в сочетании с различными механическими передачами.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД — включает маслобак, насос, трубопроводы (напорные и слива) с соединительной арматурой, дроссель (при необходимости), делитель потока (при необходимости), гидрораспределитель (чаще секционные золотниковые четырёхпозиционные – положение нейтральное, подъём, опускание, плавающее), предохранительные и перепускные клапаны (обычно встроены в гидрораспределитель), гидромотор(ы) или гидроцилиндр(ы), фильтр очистки масла, радиатор (при необходимости).

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ — гидромуфты (осуществляют перенос энергии движущимся потоком жидкости, сочетая в одном агрегате лопастные рабочие колёса – ведущее насосное и ведомое турбинное; крутящий момент передаётся без изменения по направлению; благодаря отсутствию жёсткого соединения валов двигатель и рабочая машина не воспринимают вредного влияния пульсаций нагрузки) и гидротрансформаторы (между насосным и турбинным колёсами располагают одно или два реакторных колеса; благодаря реактору можно менять крутящий момент по величине, реже по направлению).

ВАЛЫ И ОСИ (поддерживают и осуществляют геометрическую ось вращения насаженных на них частей машин, валы также передают крутящий момент) — прямые, коленчатые и гибкие; гладкие и ступенчатые; сплошные и полые; вал-шестерня (вал выполнен заодно с зубчатым колесом). Основные элементы вала: опорные участки – цапфы (шип и шейка воспринимают радиальную нагрузку, пята – осевую; цапфа непосредственно опирается на подшипник скольжения или служит посадочным местом подшипника качения), поверхности для насаживаемых деталей и фиксации последних, выходные концы (см. выше редукторы).

ПОДШИПНИКИ (опоры деталей, обеспечивающие поддержку и вращение или качение последних с восприятием действующей нагрузки) — скольжения и качения; по воспринимаемой нагрузке разделяют на радиальные, упорные и радиально-упорные.

Подшипники скольжения (включает: корпус – целый, разъёмный, встроенный; вкладыши или втулку из антифрикционного материала; смазочные и защитные устройства) бесшумны и обладают высокой демпфирующей

способностью. Работают в режиме граничного и полужидкостного трения (с частичным контактом поверхностей цапфы и подшипника – приемлемая интенсивность изнашивания обеспечивается ограничением удельного давления и окружной скорости), а также жидкостного трения (с полным разделением поверхностей при постоянной подаче масла: гидродинамические – за счёт несущей способности масляного клина; гидростатические – за счёт давления, обеспечиваемого внешним насосом). Получили широкое применение: в разъемных опорах – для коренных и шатунных шеек коленчатых валов; при высокой частоте вращения, когда необходимы малые диаметральные размеры; для особо точного направления вала; работа в воде и агрессивных средах, а также в тихоходных малоответственных механизмах.

Подшипники качения (законченное изделие, включает наружное и внутреннее кольца с дорожками качения, тела качения и сепаратор; реже имеют заложенную смазку и защитные шайбы) шариковые (радиальные: однорядные *тип 0*, двухрядные сферические *тип 1*; радиально-упорные *тип 6*; упорные *тип 8*) и роликовые (радиальные: однорядные *тип 2*, двухрядные сферические *тип 3*, игольчатые *тип 4*, с витыми роликами *тип 5*; радиально-упорные или конические роликоподшипники *тип 7*; упорные *тип 9*). Следует отметить, что области применения различных типов подшипников качения перекрывают друг друга и наиболее приемлемое решение может быть найдено в результате многовариантной разработки подшипникового узла. В конструкцию подшипникового узла обязательно входит *расточка корпуса, цапфа вала, подшипник (чаще один, реже два), средства стопорения подшипника на валу и в корпусе, крышка глухая или проходная с уплотнением выходного конца вала*. Дополнительно могут быть *стакан, мазеудерживающее кольцо, маслоотражательная шайба, приспособления для подачи смазки в опору без её разборки, устройства для регулировки осевой игры в подшипниках (для типов 6 и 7) и пятна контакта в зацеплении коническом и червячном*.

СОЕДИНЕНИЯ (позволяют составить, собрать, скрепить из деталей какое-либо устройство) — неразъемные (заклёпочные; методами холодной пластической деформации – расклёпыванием, раз- и завальцовкой, раздачей, рас- и закатыванием, прошиванием, чеканкой, выдавливанием, кернением, гибкой, отбортовкой, зиговкой и фальцовкой; сварные; паяные; клеевые; посадкой с натягом; комбинированные) и разъемные (резьбовые – болтами с

гайками, винтами и шпильками, а также с использованием резьбы – клеммовые, с разрезной конической втулкой, с пружинно-затяжными кольцами, с резьбой дифференциальной и различного направления, фланцевые, трубные, с осевой силовой затяжкой (включая конусные); штифтами коническими и цилиндрическими – силовыми, предохранительными, координирующими; шпонками призматическими, сегментными, клиновыми, тангенциальными, специальными – в т. ч. круглые торцовые, призматические направляющие и скользящие; зубчатые и они же шлицевые – прямобочные, эвольвентные и треугольные; призматические и профильные; клиновые).

ПРУЖИНЫ И РЕССОРЫ (упругие элементы, преобразующие работу действующих на определённом пути сил в энергию упругой деформации, и наоборот) — используют как силовые (для создания постоянной нагрузки и замыкания кинематических пар), динамометрические (силоизмерительные), источник механической энергии, устройства виброизоляции в подвесках транспортных машин и демпфирующие.

Различают: по назначению – пружины сжатия, растяжения и кручения; по работе материала – кручение (винтовые – цилиндрические, конические, фасонные; многожильные; спиральные прямоугольные; стержневые или торсионные; сплошные и втулочные на основе резины – сайлент-блок), изгиб (плоские – листовые рессоры; спиральные – заводные пружины; винтовые цилиндрические; тарельчатые), растяжение-сжатие (с коническими наружными и внутренними кольцами, блочные).

ГРУЗОПОДЪЁМНЫЕ МАШИНЫ И УСТРОЙСТВА — перемещают груз в ограниченном пространстве и, как правило, характеризуются цикличностью в работе.

Домкраты – винтовые, гидравлические, реечные; применяют для подъёма груза и как источник распорных сил. **Лебёдки** – подъёмные и тягальные; с приводом ручным или машинным (чаще от электродвигателя); перемещают свободно подвешенный или опирающийся груз с помощью наматываемого на барабан каната, реже сварной грузовой цепи, обязательно автоматический тормоз. **Шпиль** – приводной тяговый барабан с навитым канатом, который с одной стороны сбегает с вращающегося барабана, а с другой набегает (усилие со стороны набегания значительно превышает усилие со сбегавшей стороны); если витков менее одного, то имеем приводной блок. **Таль** ручная или электрическая; поднимает груз по вертикали, для чего закрепляется вверху неподвижно или к перемещаемой

на колёсах по однорельсовому пути тележке (кошке) с ручным приводом или без него; подъём груза осуществляется: в ручной тали – огибающей грузовую звёздочку цепью и предусматривается грузоупорный тормоз; в электротали – навиваемым на барабан канатом, обязателен автоматический тормоз. **Тельфер** – электрическая таль, подвешенная к тележке с электрическим механизмом передвижения. **Подъёмники**: шахтные (лифты), стоечные, скиповые – перемещают груз *лебёдкой* по вертикальной или крутонаклонной траектории, фиксированной направляющими, соответственно с помощью клетки (кабины), платформы и ковша; плунжерные, рычажные и выдвигные – обычно с гидроприводом, на конце имеют корзину-люльку. **Погрузчики** (включая на базе трактора) – выполняют погрузку, транспортирование и разгрузку при обслуживании различных производственных процессов; универсальность достигается набором сменных рабочих органов: захваты, грейферы, ковши, крюки, лапы, поддоны. **Краны** консольные или стреловые и пролётные; перемещают груз по пространственной траектории. В состав крана обязательно входит *механизм подъёма* и, в различном сочетании, механизмы передвижения, изменения вылета стрелы и поворота. **Роботы-манипуляторы** – выполняют погрузочно-разгрузочные и монтажные работы, нередко без участия человека.

Грузоподъёмные машины и устройства, при всём их многообразии, имеют элементы одинакового функционального назначения, в том числе: **гибкие подвесные органы** – канаты (стальные одинарной, двойной и тройной свивки; канаты из растительного материала и синтетические) и цепи (сварные и пластинчатые); **грузозахватные и чалочные устройства и тара** — крюки (для захвата и подвеса груза — однорогие и двурогие, кованые и пластинчатые, с резьбовым хвостовиком или проушиной; являются составной частью крюковой подвески и стропа), **скобы** (петли, серьги), **стропы**, **крюковая подвеска** (обойма, обоймица – связывает крюк с гибким грузовым органом, обычно канатом, огибающим блок(и); **блоки** (для направления каната), **звёздочки**, **полиспасты**, **барабаны**; **остановы** (храповые и фрикционные) и **тормозы** (колодочные, ленточные, дисковые, конусные); **передачи** и **детали передач**; **двигатели**; **детали и узлы ходовой части**; **приборы управления и защиты** (в том числе обеспечивающие безопасность); **остовы машин** (металлоконструкция, рама).

ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МАШИНЫ И УСТРОЙСТВА — характеризуются непрерывным перемещением в одном направлении массового груза без остановок для загрузки и разгрузки (массовый груз – однородный навалочный или штучный груз в большом количестве), имеют применение и как основа организации технологического процесса.

Ленточные конвейеры (транспортёры) перемещают груз лентой (грузонесущий, грузоперемещающий и тяговый орган) по горизонтали или с небольшим наклоном; лента огибает приводной и натяжной барабаны и поддерживается по длине обычно роlikоопорами; тяговое усилие передаётся ленте трением от приводного барабана за счёт её предварительного натяжения. Специальные конструкции ленты допускают значительный наклон и поворот грузопотока в горизонтальной плоскости. **Цепные конвейеры (транспортёры)** – тяговым органом является цепь, движение которой передаётся звёздочкой или гусеничным приводом. Для транспортирования груза к цепи (к двум рядом расположенным цепям), которая может передвигаться по сложной трассе, крепят различные устройства и получают конвейеры: прутковые, планчатые, пластинчатые (со сплошным настилом разного профиля с бортами и без них, с отдельными ящиками); скребковые (с высокими, низкими, контурными скребками и трубчатые); ковшевые и люлечные; тележечные; грузоведущие; подвесные (грузонесущий, толкающий, грузоведущий и их сочетание). **Элеваторы** транспортируют груз по вертикальному или круто наклонному направлению; бывают ковшевые – **нория**, полочные и люлечные; тяговый орган – лента, реже цепь (две цепи). **Винтовые конвейеры** или **шнеки** – груз, чаще сыпучий, перемещается по жёлобу винтовой поверхностью (сплошной, ленточной, фасонной, лопастной), закреплённой на вращающемся валу; различают тихоходные пологонаклонные и быстроходные, в том числе вертикальные. **Транспортирующие трубы** – имеют винтовую поверхность на внутренней стороне. **Конвейеры качающиеся** (инерционные и вибрационные), **роlikовые** (приводные и неприводные), **штанговый**. **Гравитационный спуск** (прямой, переломный). **Метатели** (ленточные, дисковые, лопастные, вентиляторные). **Канатно-скреперная установка**. **Установки гидравлического и пневматического транспорта**. **Вспомогательные устройства** (бункеры, затворы, питатели, дозаторы, счётчики, весовые).

СРЕДСТВА НАЗЕМНОГО И НАДЗЕМНОГО КОРОТКО ХОДОВОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ — включают путь и подвижный состав. **Безрельсовые** (тележки ручные и самоходные; прицепы одно- и двухосные, на роспуске, тяжеловесные, стоговозы; волокуши), **рельсовые** (вагонетки, платформы), **подвесные рельсовые** и **канатные дороги**.

Детали машин и основы конструирования

1. Ерохин М.Н. и др. Детали машин и основы конструирования. — М.: КолосС, 2005. — 462 с.: ил.
2. Решетов Д.Н. Детали машин. — М.: Машиностроение, 1989. — 496 с.: ил.
3. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. — М.: Высшая школа, 2008. — 408 с.: ил.
4. Иосилевич Г.Б. Детали машин. — М.: Машиностроение, 1988. — 368 с.: ил.
5. Гузенков П.Г. Детали машин. — М.: Высшая школа, 1986. — 359 с.: ил.
6. Курмаз Л.В., Скойбеда А.Т. Детали машин. Проектирование: Справочное учебно-методическое пособие. — М.: Высшая школа, 2005. — 309 с.: ил.
7. Кузьмин А.В. и др. Расчеты деталей машин: Справочное пособие — Минск: Высшая школа, 1986. — 400 с.: ил.
8. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчёт и проектирование деталей машин. — Харьков, Основа, 1991. — 276 с.: схем.
9. Дунаев П. Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. — М.: Изд. центр «Академия», 2008. — 496 с.
10. Чернавский С.А. и др. Проектирование механических передач: учебно-справочное пособие для ВТУЗов. — М.: «Альянс», 2008. — 590 с.
11. Колпаков А.П., Карнаузов И.Е. Проектирование и расчёт механических передач. — М.: Колос, 2000. — 328 с., ил.
12. Готовцев А.А., Котенок И.П. Проектирование цепных передач: Справочник. — М.: Машиностроение, 1982. — 336 с., ил.
13. Бойков В.П. и др. Зубчатые ремни. — М.: Химия, 1989. — 192 с.: ил.
14. Подшипники качения: Справочник-каталог / Под ред. В.Н. Нарышкина и Р.В. Коросташевского. — М.: Машиностроение, 1984. — 280 с., ил.
15. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. — Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1979. — 344 с., ил.
16. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. — Л.: Политехника, 1991. — 384 с.: ил.
17. Мотор-редукторы. Редукторы (червячные, цилиндро-червячные, цилиндрические). Каталог продукции. — М.: ЗАО «НТИЦ Приводная Техника», Версия 5.2, 17.01.2003. — 141 с.: ил.

Подъёмно-транспортные машины

1. Ерохин М.Н., Казанцев С.П. и др. Подъёмно-транспортные машины — М.: КолосС, 2010. — 335 с.: ил.
2. Красников В.В., Дубинин В.Ф. и др. Подъёмно-транспортные машины. — М.: Агропромиздат, 1987. — 272 с.: ил.

3. Александров М.П. Подъёмно-транспортные машины. — М.: Высшая школа, 1979. — 558 с., ил.
4. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. — М.: Машиностроение, 1983. — 487 с., ил.
5. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристика материалов и нагрузок. Основы расчёта кранов, их привода и металлических конструкций / В.И. Брауде, М.М. Гохберг и др. — М.: Машиностроение, 1988. — 536 с.: ил.
6. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристика и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М.П. Александров, М.М. Гохберг и др. — М.: Машиностроение, 1988. — 559 с.: ил.

Дополнительная

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1; Т. 2; Т. 3. — М.: Машиностроение, 2001. — 920 с.: ил.; 912 с.: ил.; 864 с.: ил.
2. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2 кн. Кн. 1; Кн. 2. — М.: Машиностроение, 1988. — 560 с.: ил.; 544 с.: ил.
3. Конструирование машин. Справочно-методическое пособие в 2-х томах. Т. 1; Т. 2. / Фролов К.Ф., ред. — М.: Машиностроение, 1994. — 528 с., ил.; 624 с., ил.
4. Тарабасов Н.Д., Учаев П.Н. Проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций: Справочник. — М.: Машиностроение, 1983. — 239 с., ил.
5. Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования: В 2 т. Т. 1; Т. 2 / Бакуменко В.И., ред. — М.: Машиностроение, 1997. — 544 с., ил.; 526 с., ил.
6. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т. 1; Т. 2 / Под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. — М.: Энергоиздат, 1988; 1989. — 456 с.: ил.; 688 с.: ил.
7. Чекмарёв А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. — М.: Высшая школа, 2006. — 493 с.: ил.