

путем омывания блока цилиндров и головки блока охлаждающей жидкостью (чаще всего водой). Особенностью жидкостной системы охлаждения дизелей является то, что рубашка охлаждения пускового и дизельного двигателей соединены между собой. В результате этого при работе первого происходит подогрев деталей дизеля водой, нагретой в рубашке охлаждения пускового двигателя, что ускоряет прогрев и пуск основного двигателя.

Так как в системе охлаждения большинство дизелей имеет термостат в системе охлаждения, то при температуре охлаждающей жидкости до 68–72°C последняя циркулирует по малому замкнутому кругу: насос – рубашка охлаждения головки цилиндров – рубашка охлаждения пускового двигателя – насос. При достижении охлаждающей жидкостью температуры свыше 68–72°C клапан термостата открывается и вода циркулирует по большому замкнутому кругу: насос – рубашка охлаждения блока цилиндров – рубашка охлаждения головки цилиндров – радиатор – насос. При воздушном охлаждении двигатель обдувают холодным воздухом с помощью мощного вентилятора.

Система пуска служит для пуска двигателя в работу. Для пуска дизельного двигателя используются пусковой карбюраторный двухтактный или четырехтактный двигатель, вал которого через муфту сцепления, редуктор, шестерню привода соединяется с зубчатым венцом, закрепленным на маховике коленчатого вала дизеля.

Для повышения литровой мощности в дизелях используют наддув, т. е. воздух в цилиндры подают с помощью компрессора под давлением 15–16 кПа, превышающим атмосферное. Так как увеличивается масса воздуха, поступающего в каждый цилиндр, можно увеличить и количество впрыскиваемого топлива. В этом случае при тех же размерах двигателя, частоте вращения коленчатого вала и числе цилиндров мощность его значительно увеличивается.

В характеристику двигателя входит: рабочий объем (л), номинальная мощность (кВт), частота вращения (номинальная и при максимальном крутящем моменте); максимальный крутящий момент (Нм); удельный расход топлива при номинальной мощности (г/кВтч).

Электрические двигатели. Их применение на строительных машинах

Для привода ряда строительных машин и оборудования служат электродвигатели переменного и постоянного тока. Обычно в этих приводах используют *асинхронные электродвигатели* трехфазного тока частотой 50 Гц с короткозамкнутым ротором, которые получили наибольшее распространение из-за простоты устройства. Их применяют в качестве тяговых электродвигателей в строительных машинах с легким режимом работы (длительно-непрерывный режим работы), например, для приводов конвейеров, питателей. Эти двигатели просты в управлении, но имеют недостатки: большой пусковой ток; малый пусковой момент; малую

перегрузочную способность; для регулировки скорости необходимы дополнительные устройства.

При малых мощностях можно применять асинхронные короткозамкнутые электродвигатели общепромышленной серии 4А, а также 4АЕ со встроенным электромагнитным тормозом, 4АП с повышенным скольжением.

Пример обозначения двигателей серии 4А:

4А250S10У3,

где А – асинхронный двигатель; 250 – высота оси вращения; S – установочный размер по длине станины (S, M, L); 10 – число полюсов; У – климатическое исполнение (У, Т, ХЛ); 3 – категория размещения (1, 2, 3).

Для привода машин с повторно-кратковременным режимом работы и пуском под нагрузкой (строительные краны) применяют *крановые асинхронные электродвигатели* с большой перегрузочной способностью – короткозамкнутые и с фазным ротором (с контактными кольцами). Крановые электродвигатели с фазным ротором допускают регулирование скорости включением в цепь ротора элементов сопротивления (последовательное включение сопротивления в роторе уменьшает скорость его вращения, выключение сопротивления увеличивает скорость до номинальной).

Наиболее часто применяют электродвигатели трехфазного тока напряжением 220, 380 и 550 В, асинхронные, обладающие значительной перегрузочной способностью.

Специальные *крановые двигатели с короткозамкнутым ротором* серии МТК, МТКФ, МТКМ и другие наиболее просты в устройстве и управлении, надежны в эксплуатации, имеют наименьшую массу, габаритные размеры и стоимость. Недостатком их является резкое увеличение (до семи раз) тока при включении, что приводит к динамическим нагрузкам механизма. Эти двигатели рекомендуется применять только для привода лебедок с небольшим тяговым усилием и для привода вспомогательных механизмов.

Асинхронные двигатели с фазным ротором (контактными кольцами) серии МТ, МТФ, МТН и другие по сравнению с двигателями МТК имеют большую массу и стоимость, сложнее в устройстве и управлении. Но они позволяют регулировать скорость при подъеме (опускании) и торможении, изменять в широких пределах момент при пуске и торможении и получать требуемые ускорения, а, следовательно, и необходимую плавность пуска и торможения. Их рекомендуется применять при напряженных режимах работы, характеризующихся большими скоростями, частыми пусками и остановками.

Данные двигатели серии МТ обозначаются следующим образом, например:

МТКФ 312 – 6; МТФ 312 – 6,

где М – машина; Т – трехфазная; К – с короткозамкнутым ротором (отсутствие буквы – с фазным ротором); F или H – класс нагревостойкости изоляции; 3 – условная величина наружного диаметра пакета статора (0 – 7); 1 – порядковый номер серии; 2 – условная длина пакета статора (1, 2, 3); 6 – число полюсов (6; 8; 10; 6/12; 6/20; 6/24).

В условном обозначении двигателя после всех индексов, относящихся к модификации, вводят буквы и цифры, характеризующие вид климатического исполнения машины (У, УХЛ, Т) и категорию размещения (1, 2, 3).

При необходимости регулировать число оборотов в широком диапазоне применяют электродвигатели постоянного тока. Обычно их используют в комбинированных дизель-электрических приводах экскаваторов, кранов большой мощности.

В электроинструменте, к которому предъявляются жесткие требования к массе и габаритам при мощности до 0,6 кВт, применяют *встроенные асинхронные коллекторные электродвигатели* однофазного или трехфазного тока. Для более мощных ручных машин применяют асинхронные двигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором на токе нормальной (50 Гц) или повышенной частоты (200 Гц, а в перспективе 400) напряжением 220 и 36 В. Для питания этих двигателей используют преобразователи частот.

Техническая характеристика электродвигателя (металлическая пластина) показывает:

тип электродвигателя; номинальное напряжение сети; номинальный ток; номинальную мощность; частоту вращения ротора при номинальной нагрузке; коэффициент мощности и др. данные.

Гидродвигатели. Их применение на строительных машинах

Гидравлический привод в строительных машинах применяют для приведения в действие механизмов машины и их рабочих органов с сообщением им возвратно-поступательного и вращательного движений, для включения и выключения отдельных механизмов, фрикционных муфт и тормозных устройств.

К гидродвигателям сообщаемым рабочему органу возвратно-поступательное движение относятся гидроцилиндры, вращательного движения – гидромоторы.

Гидромотором называется объемный гидродвигатель с неограниченным вращательным движением выходного звена. Частота вращения вала пропорциональна расходу рабочей жидкости. Выходной момент прямо пропорционален перепаду давления между напорными гидролиниями.

В строительных машинах применяются следующие основные типы гидромоторов:

шестеренные (ГМШ-32-3 – гидромотор шестеренный, 32 – рабочий объем 32 см³, 3 – группа давления 16 МПа; ГМШ-50-3);

аксиально-поршневые:

нерегулируемые 210.12.00, 310.12.00, 310.2.28.00, 310.3.56.00 (рабочие объемы 12, 28, 56, 80, 112, 160, 250 см³);

регулируемые 303.3.56.501 (28, 55, 56, 80, 107, 112, 160 см³);

планетарные МГП-80 (рабочие объемы 80, 125, 160, 200, 315 см³).

Кроме того, применяются насос-моторы: РМНА32/35, (63/35; 125/35; 250/35).

Гидроцилиндры могут обеспечивать только поступательное движение или возвратно-поступательное движение рабочего органа. В зависимости от этого они называются цилиндрами одностороннего или двухстороннего действия. Гидроцилиндры одностороннего действия передают движение в одном направлении, в обратном направлении движение совершается под действием внешней нагрузки от рабочего органа или возвратной пружины.

Тема 2.2 Трансмиссии

Передачей называется устройство, предназначенное для передачи энергии на расстояние. В зависимости от способа передачи энергии различают передачи механические, электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные. В строительных, дорожных и мелиоративных машинах наиболее распространенными являются механические и гидравлические передачи.

Механические устройства, применяемые для передачи энергии от источника к потребителю с изменением угловой скорости (ω) или вида движения, называют механической передачей (трансмиссией).

Применение передач вызвано тем, что:

1. Источники энергии – двигатели, работают в режиме высоких угловых скоростей, значительно отличающихся от угловых скоростей рабочей машины;

2. Изменение угловой скорости (уменьшение). Путем введения передач, позволяет повысить значения вращающих (крутящих) моментов на валах рабочей машины;

3. Часто возникает необходимость передачи энергии от одного двигателя к нескольким рабочим машинам, валы которых вращаются с неодинаковыми угловыми скоростями;

4. Двигатели обычно передают вращательное движение, а рабочие органы машин иногда требуют возвратно-поступательного, качательного, винтового и других видов движения.

В каждой передаче тело, которое передает мощность, называется ведущим, а тело, которому передается эта мощность, ведомым.

По способу передачи движения механические передачи классифицируют на передачи с непосредственным контактом тел вращения (фрикционные, зубчатые, червячные, винтовые, и передачи с гибкой связью, в которых тела вращения связаны между собой гибким звеном (ременные, цепные, канатные).

Основным параметром любой передачи является передаточное число, под которым понимают отношение угловой скорости ведущего вала (индекс 1) передачи к угловой скорости ее ведомого вала (индекс 2) или соответствующее отношение частот вращения

$$i = \omega_1 / \omega_2 = n_1 / n_2,$$

где ω_1 и ω_2 – угловые скорости ведущего и ведомого валов;

n_1 и n_2 – частоты вращения и ведущего и ведомого валов.

При $i > 1$ ведомый вал передачи вращается медленнее ведущего ($n_1 > n_2$) – передача понижающая, или редуктор. При $i < 1$, $n_1 < n_2$ передача повышающая, или мультипликатор. В строительных машинах в большинстве случаев применяются передачи, у которых $i > 1$, т. е. понижающие.

На рисунках 2.2 и 2.3 представлены разновидности ременных, зубчатых передач и червячной.

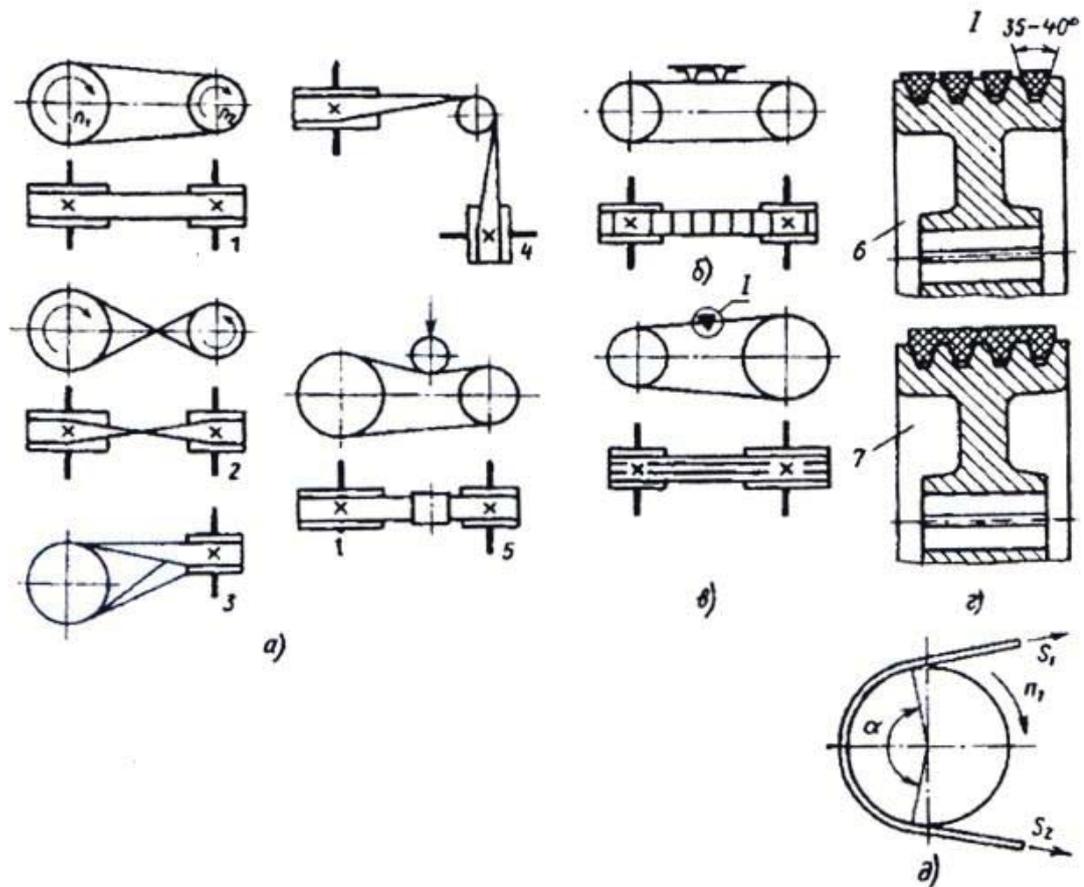


Рис. 2.2. Ременные передачи:

а – плоскоременная; б – с зубчатым ремнем; в, г – клиноременная; д – схема охвата шкива ремнем; 1 – открытая; 2 – перекрестная; 3 – полуперекрестная; 4 – угловая; 5 – с натяжным роликом; 6 – с клиновыми ремнями; 7 – с поликлиновым ремнем

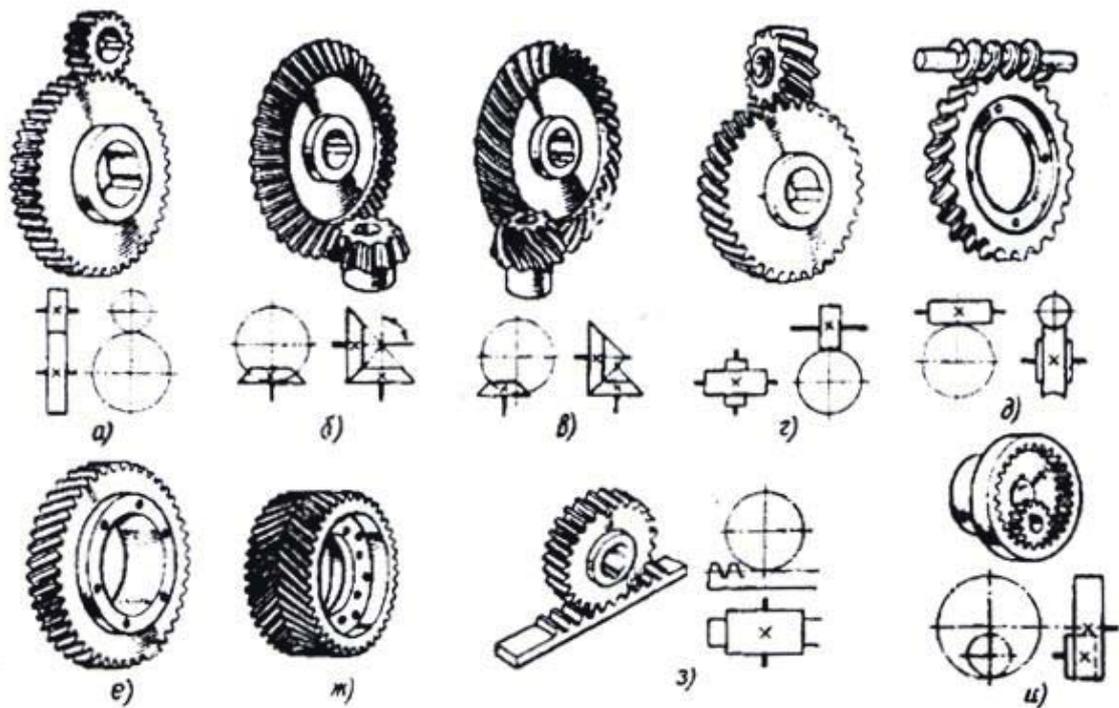


Рис. 2.3. Виды зубчатых передач и их элементы:

- а – цилиндрическая; б – коническая; в – гипоидная; г – винтовая; д – червячная;
 е – косозубое зубчатое колесо; ж – шевронное зубчатое колесо; з – реечная;
 и – с внутренним зацеплением

Зубчатая передача – это механизм, который с помощью зубчатого зацепления передает или преобразует движение с изменением угловых скоростей и моментов. Зубчатые передачи применяют для преобразования и передачи вращательного движения между валами с параллельными, пересекающимися и перекрещивающимися осями, а также для преобразования вращательного движения в поступательное, и наоборот.

Зубчатые передачи между параллельными валами осуществляются цилиндрическими колесами с прямыми, косыми и шевронными зубьями. Передачи между валами с пересекающимися осями осуществляется обычно коническими колесами с прямыми и круговыми зубьями. Для валов со скрещивающимися осями применяют винтовые передачи. Зубчатые передачи для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот осуществляются цилиндрическим колесом и рейкой. В зависимости от взаимного расположения колес зубчатые передачи бывают внешнего и внутреннего зацепления. В первом случае зубчатые колеса вращаются в противоположные стороны, а во втором – в одну и ту же.

В зависимости от конструктивного исполнения различают открытые и закрытые передачи. В открытых передачах зубья колес работают в сухую или периодически смазываются пластичным смазочным материалом и не защищены от влияния внешней среды. Закрытые передачи помещаются в пыле- и влагонепроницаемые корпуса (картеры) и работают в масляной ванне.

Основными преимуществами зубчатых передач являются:

- -высокая нагрузочная способность;
- -малые габариты;
- -большая долговечность и надежность;
- -высокий к. п. д. (до 0,97...0,98) в одной ступени;
- - возможность применения в широком диапазоне скоростей (до 150 м/с) и мощностей (до 50000 кВт) и передаточных чисел (до нескольких сотен в многоступенчатой передаче).

К недостаткам зубчатых передач могут быть отнесены требования высокой точности изготовления и шум при работе со значительными скоростями.

Основным параметром зубчатого зацепления является величина, называемая модулем зацепления. Измеряется модуль в миллиметрах

$$m = t/\pi,$$

где t – шаг зацепления, мм.

Значение модуля принимается по ГОСТу.

Диаметр начальной (делительной) окружности (мм)

$$d_1 = m z,$$

где z – число зубьев зубчатого колеса.

Высота зуба (мм)

$$h = 2,25 m,$$

$$i = \omega_1/\omega_2 = n_1/n_2 = d_2/d_1 = z_2/z_1.$$

Передаточное число обычных зубчатых передач с неподвижными осями колес может достигать $i = 6...8$ в одной ступени.

Кроме обычных зубчатых передач с неподвижными осями колес в строительных машинах находят применение передачи с перемещающимися осями колес – *планетарные*.

Наиболее распространенная простейшая однорядная планетарная передача состоит из центрального колеса с наружными зубьями, неподвижного центрального (коленчатого) колеса с внутренними зубьями и водила, на котором закреплены оси планетарных колес или сателлитов.

Сателлиты обкатываются по центральным колесам и вращаются вокруг своих осей, т. е. совершают движение, подобное движению планет. Водило вместе с сателлитами вращается вокруг центральной оси.

Червячные передачи передают вращение между перекрещивающимися осями и относятся к зубчато-винтовым передачам. Они состоят из винта – червяка с трапецеидальной резьбой и косозубого червячного колеса с зубьями

особой формы, получаемой в результате взаимного огибания с витками червяка.

В строительных машинах червячные передачи применяются с числом заходов червяка соответственно 4...1. При этом КПД η 0,9...0,65. Для повышения КПД червячной пары за счет снижения трения зубья колеса делают из антифрикционного материала – качественной бронзы (иногда при малой скорости скольжения – из серого чугуна), а витки червяка закаливают и шлифуют.

Цепные передачи относятся к передачам зацеплением с гибкой связью и предназначены для передачи движения между двумя или несколькими параллельными валами при достаточно большом расстоянии между ними.

В строительных, дорожных и транспортирующих машинах цепные передачи применяются как для приводов рабочих органов (колес, барабанов и т. д.) так и в качестве тяговых цепей и рабочих органов землеройных машин.

Передача механической энергии осуществляемая гибкой связью посредством сил трения между ремнем и шкивом (кроме зубчато-ременной), называется *ременной*.

Ременная передача состоит из двух или большего числа шкивов и бесконечного ремня, надетого на шкивы с натяжением.

По форме ремней передача может быть плоскоремная, клиноремная; круглоремная; поликлиновая, зубчато-ременная.

Наиболее часто ременные передачи используются для передачи движения от двигателя к насосам, вентиляторам, транспортерам и т.д.

Зубчатые и червячные колеса, шкивы, звездочки и другие вращающиеся детали машин устанавливают на валах и осях.

Муфты – устройства, служащие для соединения концов валов, стержней, труб, электрических проводов и т. д.

В механических передачах муфты служат для соединения валов, и передачи вращающего момента (без изменения его значения и направления) от одного вала к другому. При этом они могут выполнять ряд других ответственных функций, а именно: компенсировать смещение осей соединяемых валов; амортизировать возникающие при работе вибрации и удары; предохранять механизм от поломки и т. д.

Муфты разделяются на:

- неуправляемые (глухие, упругие, жесткие);
- управляемые (кулачковые, фрикционные);
- самоуправляемые (автоматические) – центробежные, обгонные, предохранительные.

Муфты подбираются по назначению и величине вращающего момента, который необходимо передать

$$T_m = KT_n$$

где K – коэффициент режима работы, $K = 1,25...2$;

T_n – вращающий момент, который передают соединяемые валы.

Редуктор – это механизм, который включает зубчатые или червячные передачи, выполнен в виде отдельной сборочной единицы и предназначен для увеличения вращающего момента и снижения угловой скорости на выходном валу.

В гидравлических передачах энергия, подводимая от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя посредством различных устройств, превращается в энергию движущейся жидкости, которая затем расходуется на приведение в движение машин и механизмов.

Преимущества гидравлических передач по отношению к механическим:

- создание больших передаточных отношений между энергетической установкой и исполнительными органами машины;
- удобство управления при небольшой затрате мускульной энергии оператора;
- простота кинематических устройств для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот;
- возможность легкого подвода энергии от насоса к любому исполнительному органу машины;
- возможность широкой стандартизации и унификации сборочных единиц гидропривода;
- небольшие масса и габариты гидропривода по сравнению с другими системами приводов при одинаковой мощности.

Надежность работы гидросистемы зависит от чистоты рабочей жидкости (масла), соответствия ее сорта проектному, хорошего состояния фильтров и уплотнений трубопроводов, вращающихся соединений, гидрораспределителей и т.д.

Гидравлические передачи по принципу действия разделяются на объемные и гидродинамические.

Гидрообъемная передача – это совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение исполнительных механизмов и машин посредством жидкости под давлением. В состав гидрообъемной передачи входят насосы, гидродвигатели (гидроцилиндры, гидромоторы), регулирующие устройства (дрессели, клапаны, делители потока и др.), фильтры для очистки рабочей жидкости, баки, гидролинии и др. Насосы и гидромоторы могут быть как регулируемые, так и нерегулируемые.

В гидроприводе современных строительных машин применяют следующие типы гидронасосов: аксиально-поршневые; радиально-поршневые и поршневые эксцентриковые. Большинство конструкций гидронасосов являются обратимыми, т. е. могут служить и гидромоторами при подаче в их полость потока рабочей жидкости.

Шестеренные гидронасосы (НШ-10, НШ-32 и т.д.) изготавливают для рабочих давлений 10, 16, 20 МПа с расходом рабочей жидкости 40...500 л/мин (плакат). В обозначении указывается: **НШ-10** – насос шестеренный, 10 –

рабочий объем (см³), подача за 1 оборот приводного вала. Выпускаются НШ правого и левого вращения (*указано на корпусе насоса*).

Примеры обозначения: **НШ-32-2** – 2 – давление 10 МПа, (3–16 МПа, 4–20 МПа), **НШ-10-10-2** – насос в сдвоенном исполнении.

Аксиально-поршневые гидронасосы в гидроприводах строительных машин находят наиболее широкое применение. Различают два вида аксиально-поршневых гидронасосов – нерегулируемые и регулируемые по производительности.

Изготавливают аксиально-поршневые гидронасосы с рабочим давлением 16...35 МПа, расходом рабочей жидкости 32...400 л/мин.

При этом КПД этих насосов составляет 0,97...0,98.

Пример обозначения: 210.12.12; 210.16.12 – нерегулируемый аксиально-поршневой гидронасос, обратимый, с наклонным блоком ($P = 16...30$ МПа).

207 – регулируемый; 223 – сдвоенный с регулятором мощности. 12, 16, 20, 25, 32 – диаметр поршня качающегося наклонного блока в мм.

Третья группа цифр – исполнение насоса или гидромотора: 11 – насос-гидромотор, 12 – насос; 13 – гидромотор. (Другое обозначение аксиально-поршневых насосов: **НПА 4/32, НПА 32/32** → аксиально-поршневой насос с наклонным диском. 4/32, 32/32 – Q (см³/об) P (МПа)).

Гидромоторы планетарные **МГП80, МГП100** (125, 160, 200, 315).

Гидромоторы шестеренные **ГМШ-10ЕЗ, ГМШ-32АЗ**.

Насосы-моторы шестеренные **НМШ-25/25А, НМШ-50/50А**.

Распределители – служат для управления основными силовыми цилиндрами и вспомогательными механизмами машин, автоматического направления потоков жидкости и для предохранения гидросистем от перегрузок. Их выполняют секционными и моноблочными.

Пример обозначения: **Р80 3/1-222, Р80 3/4-222, РСР 25.25-20.3-01-07-10.4-06-01-30, Р160 3/1-111, ГРС-20-04, РСМ12-16, ВЕ10.44Г12**.

Рабочие органы машины, совершающие поступательное движение, приводятся в движение *гидравлическими цилиндрами* (гидротолкателями), обеспечивающими под воздействием рабочей жидкости, нагнетаемой под давлением, только поступательное или возвратно-поступательное движение. В зависимости от этого они называются цилиндрами одностороннего или двухстороннего действия. Гидроцилиндры одностороннего действия передают движение только в одном (рабочем) направлении. В обратном направлении движение осуществляется под действием собственной массы плунжера и др. частей или под внешним воздействием (пружины). Гидроцилиндры двухстороннего действия сообщают рабочему органу движение в прямом и обратном направлениях.

В обозначение гидроцилиндров входит диаметр поршня и ход штока: **ЦГ-160.80×560.31-01** - диаметр 160 мм, ход поршня – 560 мм.

Разрывные муфты – служат для предохранения шлангов от разрушения при случайных рывках.

Пример обозначения: **Н.036.50.000, Н.036.52.000** ($S = 32, M27 \times 1,5$).

Дроссели – служат для установки и поддержания заданного расхода рабочей жидкости в напорной или сливной магистрали в зависимости от периода давления.

Гидрообъемные передачи подразделяются на передачи с разомкнутой и замкнутой циркуляцией рабочей жидкости.

Гидравлический привод с разомкнутой циркуляцией характеризуется тем, что в нем рабочая жидкость после срабатывания в гидромоторе или силовом цилиндре подается в бак, находящийся под атмосферным давлением. В гидравлическом приводе с замкнутой циркуляцией рабочая жидкость после срабатывания возвращается в насос. В этом приводе всегда циркулирует практически один и тот же объем жидкости (за исключением утечек через различные неплотности). В гидравлическом приводе этого типа обязательно наличие, помимо основного, еще одного насоса для компенсации утечек.

Достоинства такого гидравлического привода: защищенность его от попадания загрязнений в рабочую жидкость, уменьшение объема рабочей жидкости, заправляемой в гидросистему, улучшение условий работы при низких температурах.

Недостатки замкнутой системы – необходимость применения системы подпитки, теплообменного аппарата для предотвращения перегрева рабочей жидкости, применение только гидромоторов или гидроцилиндров с двухсторонними штоками в качестве гидродвигателей.

В объемном гидравлическом приводе применяются шестеренные, поршневые и роторные насосы. Поршневые и роторные насосы могут быть регулируемы. В качестве гидродвигателей могут быть применены те же насосы.

В приводах строительных машин начинают применять гидромоторы, которые могут быть встроены в ведущие колеса мобильных машин или в привод рабочих органов.

Гидродинамические передачи подразделяются на гидромуфты и гидротрансформаторы.

Первые передают энергию от двигателя без изменения величины вращающего момента, вторые могут изменять его величину, в том числе в отдельных случаях и по знаку (направлению).

Гидромуфты состоят из расположенных в общем кожухе соосно и предельно сближенных насосного и турбинного колес.

В гидротрансформаторе между насосным и турбинным колесами установлено еще неподвижное, соединенное с корпусом колесо реактора. В гидротрансформаторах возможна установка 1...2 колес турбин и 1...2 колес реактора.

Корпус гидромуфты и гидротрансформатора заполняется рабочей жидкостью – минеральным маслом. При вращении рабочего колеса насоса, соединенного с двигателем, жидкость движется от центра к периферии и, приобретя запас кинетической энергии, поступает на лопатки турбинного колеса.

В турбинном колесе жидкость движется от периферии к центру, при этом энергия той же жидкости преобразуется в механическую энергию вращения турбинного колеса, затем жидкость вновь поступает на лопатки насосного колеса.

В гидротрансформаторах поток жидкости на своем пути проходит через лопатки реактора, который может быть установлен после насоса перед входом на турбину или после турбины перед входом в насос.

Лопастки колеса реактора в зависимости от конструкции могут изменять направление потока жидкости или его скорость. При этом давление потока на лопастях турбинного колеса также будет меняться, это приведет к изменению вращающего момента, передаваемого гидротрансформатором.

Тема 2.3 Ходовое оборудование и системы управления

Ходовое оборудование (ХО) строительной машины служит для передачи силы тяжести машины и внешних нагрузок на грунт и обеспечивает перемещение машины по грунту, дорогам или рельсам. У многих видов строительных машин (ЗТМ, многоковшовых экскаваторов, передвижных кранов и др.) ходовое оборудование участвует непосредственно в рабочем процессе, обеспечивая при этом дополнительные тяговые усилия.

В строительных машинах применяют следующие ходовые устройства: пневмокошесное и рельсокошесное, гусеничное, шагающее.

Ходовое оборудование состоит из движителя и подвески.

Движителем называют элементы ходового устройства, передающие на основание (рельсы, грунт, дорожное покрытие) внешние нагрузки и силу тяжести машины, находящиеся в сцеплении с основанием и сообщающие движение машине.

Подвеской называется комплект деталей, соединяющих движитель с опорной рамой машины. Тихоходные машины имеют жесткое или полужесткое подвесное устройство, а быстроходные – упругую подвеску в виде рессор или пружин.

При жесткой подвеске между корпусом машины и колесами или гусеницами, рессоры (пружины) не устанавливаются.

При полужесткой подвеске части корпуса подрессорена, остальная часть опирается на ходовое устройство. Машины с такими подвесками могут передвигаться со скоростями более 25 км/ч. Рекомендуется такое ХО для передвижения по мягким грунтам.

При упругой подвеске корпус машины соединяется с ходовой частью через упругие элементы. Упругие элементы подвески могут быть индивидуальными и балансирными; разделяются на подвески торсионные, с винтовыми пружинами (витые пружины) и листовыми рессорами.

В конструкции упругих подвесок вводятся амортизаторы, предназначенные для гашения колебаний корпуса машины, а также стабилизаторы, выключатели подвесок и подрессорники.

Стабилизаторы предназначены для выравнивания деформаций рессор, что необходимо для избежания крена машины.

Гусеничный ход применяют в машинах, которые передвигаются по местностям, не имеющим дорог, или по грунтовым дорогам, а также для обеспечения большого тягового усилия. Гусеничное ХО может быть двух- и многогусеничным. Наиболее широко применяется 2-х гусеничное ХО.

Движитель гусеничного хода состоит из двух бесконечных гусеничных лент (цепей), образуемых из шарнирно-связанных между собой отдельных плоских звеньев (пластин, траков). Движение к ведущей звездочке передается от двигателя через трансмиссию, либо непосредственно при помощи мотор-редуктора с гидроприводом. Натяжение гусеничной ленты достигается перемещением натяжной звездочки в пазах балок с помощью натяжного винта. Нагрузка от машины передается на нижнюю ветвь гусеничной ленты с помощью опорных роликов. Движение гусеничного хода по кривой осуществляется притормаживанием одной из гусениц или вращением гусениц в противоположные стороны.

Гусеничные ленты могут быть нормальной ширины ($B=600$ мм), уширенные (до $900\dots 1200$ мм) и удлиненные.

Достоинства: благодаря большой опорной поверхности гусеничный ход может обеспечить небольшие удельные давления на грунт

$P_{уд} = 0,04\dots 0,1$ МПа (для уширенных болотных до $0,025$ МПа).

Коэффициент сцепления гусеницы с грунтом достигает $1,0$ и выше, поэтому гусеничные машины могут развивать тяговое усилие, значительно большее, чем пневмоколесные.

Недостатки:

- малая скорость перемещения;
- недопустимость перемещения тяжелых машин по дорогам с усовершенствованным покрытием (особенно с грунтозацепами) и необходимость в этом случае перевозки машины на специальных транспортных прицепах-тяжеловозах (трейлерах);
- значительная масса (до $35\dots 40\%$ от всей массы машины);
- недолговечность;
- низкие КПД и скорости передвижения.

Разработаны (в том числе на МТЗ) тракторы с резинометаллическими гусеницами. Такие гусеницы имеют меньшую массу, лучшую приспособляемость к грунтовым условиям и проходимость машины, не нарушают дерновый покров.

Пневмоколесный ход применяют в строительных машинах высокой маневренности, предназначенных для передвижения по шоссейным дорогам с твердым покрытием (плакат-автогрейдер, экскаватор, автокран). Транспортная скорость до $40\dots 60$ км/ч.

Пневмоколесный ход выполняется либо двухосным, либо многоосным (2, 3, 4 и т.д.); бывает с одной ведущей осью или с несколькими.

Важной характеристикой колесных машин является колесная формула, состоящая из двух цифр: первая, обозначает число всех колес, вторая число приводных. Наибольшее распространение получили машины с колесными формулами 4×2, 4×4, 6×4, 6×6 и т.д. С ростом числа приводных колес в ходовом устройстве улучшается проходимость и тяговые качества машины, но усложняется механизм привода передвижения.

Свойства пневмоколесного ходового оборудования в значительной степени зависят от конструкции шин. На машине, как правило, устанавливают шины одного типоразмера, поэтому часто на наиболее нагруженные оси устанавливают сдвоенные колеса. Для улучшения проходимости используют шины большего диаметра, широкопрофильные и арочные. При этом проходимость улучшается за счет большей опорной поверхности и развитым грунтозацепам.

Находит применение регулирование давления воздуха в шинах непосредственно из кабины оператора. Это дает возможность улучшить проходимость машины и увеличить срок службы шины.

Пневмоколесное ходовое оборудование строительных машин может иметь механический, электрический, комбинированный привод (плакаты, примеры).

Рельсоколесное ходовое оборудование обеспечивает низкое сопротивление передвижению, восприятие больших нагрузок, простоту конструкции и невысокую стоимость, достаточную долговечность и надежность. Жесткие рельсовые направляющие и основания обеспечивают возможность высокой точности работы машины.

Недостатки:

- малая маневренность;
- сложность перебазирования на новые участки работы;
- дополнительные затраты на устройство и эксплуатацию рельсовых путей.

Применяется в башенных, мостовых, козловых, железнодорожных кранах и некоторых других машинах.

Шагающее ходовое оборудование применяют на машинах значительной массы, когда другие виды ХО не обеспечивают расчетные удельные давления на грунт. Механизмы шагания могут быть механические (кривошипные) и гидравлические.

В систему управления (СУ) машинами входят приборы и устройства, с помощью которых осуществляется:

- пуск, останов;
- изменение скоростей двигателей и механизмов машин;
- изменение направления движения машины и ее рабочих органов.

Для удобства управления машиной и улучшения условий работы оператора пульта управления на всех мобильных строительных машинах размещают, как правило, в специальных кабинах.

Системы управления существенно влияют на производительность машины и утомляемость оператора. Поэтому к ним предъявляют эргономические и др. требования.

СУ должны обеспечивать:

- надежное и быстрое приведение в действие рабочих органов, механизмов передвижения, плавность их включения и выключения, безопасность, легкость и удобство работы оператора;
- минимальное количество рукоятей, педалей и кнопок управления;
- положение рычагов управления машиной должно давать оператору представление о направлениях движения рабочих органов;
- простоту, надежность и минимальное количество регулировок.

Системы управления классифицируются:

1. по назначению – системы управления тормозами, муфтами, двигателями, положением рабочего органа;
2. по способу передачи энергии – механические, электрические, гидравлические, пневматические, комбинированные;
3. по степени автоматизации – не автоматизированные, автоматизированные (полуавтоматические) и полностью автоматизированные.

Неавтоматизированные СУ могут быть непосредственного действия (ручное управление) или с усилителем (с сервоприводом).

В первом случае оператор управляет только за счет своей мускульной энергии, прикладываемой к рычагам и педалям, во втором – для воздействия на объект управления используют дополнительные (электрический, гидравлический или пневматический) источник энергии. Роль оператора сводится лишь к включению и выключению элементов привода системы управления (например, включение стартера двигателя, включение двигателей механизмов кранов и т. д.).

В полуавтоматических СУ автоматизированы только отдельные элементы (например, система управления бульдозерным оборудованием, которая снабжена устройством, обеспечивающим постоянство положения рабочей кромки отвала и его прямолинейное перемещение по заданным отметкам независимо от неровностей поверхности, по которой перемещается бульдозер; поддержание заданного уклона дна при рытье траншей траншеекопателем и т. д.).

В полностью автоматизированной СУ оператор лишь подает сигналы о начале или окончании работы, а также настройке системы на определенную программу управления рабочим процессом машины. (Примером может служить бетоносмесительный комплекс, у которого все операции по дозированию компонентов, их транспортировка в смеситель, перемешивание и выдача смеси происходят автоматически, по заданной программе. Или автоматическая линия по сборке кузовов машин с использованием роботов и манипуляторов).

СУ непосредственного действия применяют при небольших мощностях машины.

Управление с гидроприводом имеет значительные преимущества перед СУ с механическим приводом. Главными из них являются возможность и простота подвода энергии к любому исполнительному органу управления независимо от его пространственного положения в машине.

К недостаткам гидравлических СУ относят быстрое нарастание давлений рабочей жидкости (0,1...0,2 с) в исполнительных органах и, как следствие, резкое их включение и возникновение динамических нагрузок в элементах конструкции. Этот недостаток устраняется в пневматических системах управления. Давление воздуха в таких системах составляет 0,7...0,8 МПа (по сравнению, в гидравлических системах до 40 МПа). Вследствие сжимаемости воздуха и установки дросселей время нарастания давления в исполнительных органах может легко регулироваться в необходимых оптимальных пределах.

Одним из важных этапов при любом строительстве является проведение земляных работ. Формирование земляного полотна по заданному проекту, а также возведение насыпей требует многократного проходов грейдера или бульдозера для достижения желаемого результата. Постоянные недоработки, переделки и геодезический контроль качества влекут за собой задержки в выполнении работ, дополнительный расход ГСМ и, соответственно, издержки производства.

Для автоматизации проведения земляных работ на строительную технику устанавливается дополнительное оборудование – системы автоматического управления.

В результате применения систем автоматического управления (САУ) экономятся время, топливо, материалы и сокращается численность персонала на строительном объекте.

Наибольшее распространение получили автоматические системы высотной и угловой стабилизации положения рабочего органа машины, к которым относятся «Профиль-10», «Профиль-20», «Профиль-30» и др. Такими системами автоматики оборудуют асфальтоукладчики, свыше автогрейдеры, значительную часть скреперов и др.

По принципу работы автоматические системы подразделяются на: копирные; автономные; комбинированные.

В *копирных* системах требуемое высотное положение рабочего органа определяется направляющей (механической – копирный трос, ранее созданный слой, бордюрный камень, или лазерной), при этом датчик системы (механический или ультразвуковой при механической направляющей и лазерный приемник при лазерной направляющей), устанавливаемый на машине, следует за копиром и контролирует текущее положение рабочего органа.

В *автономных* системах контроль органа относительно гравитационной вертикали осуществляется посредством бортового (как правило,

маятникового) датчика. Такой способ управления не требует сооружения специальных направляющих на местности.

В *комбинированных* системах используются сразу два отмеченных выше метода управления. В последнее время все более широкое применение в дорожном и мелиоративном строительстве в качестве планировочных машин находят бульдозеры, оснащенные системами управления рабочим органом «Копир-Автоплан-10» и «Комбиплан-10» (ДЗ-109Б-1, ДЗ-110В-1). Данные системы унифицированы с системой «Профиль-30».

При планировании земляной поверхности под заданную отметку необходимо управлять не только высотным положением режущей кромки ковша скрепера, но и перемещением его задней стенки при подсыпке и разгрузке грунта. В этих целях применяют систему «Копир-Стабилоплан-10».

На машинах для земляных работ зарубежных производителей (Caterpillar, Liebherr, Komatsu и др.) широко применяется САУ американской корпорации Trimble Navigation Limited – TrimbleBladePro, Trimble GCS 400 (600) – автогрейдеры и бульдозеры, ScreedPro – асфальтоукладчики, одноковшовые экскаваторы.

Применение в качестве копирных устройств системы автоматизации машин лазерных направляющих обеспечивает возможность круглосуточного эффективного использования землеройно-транспортной и дорожной техники, повышение ее эффективности и качества производимых работ.

Раздел III. Техничко-экономические показатели для оценки машин. Пути обновления машинных парков строительного комплекса

Тема 3.1 Техничко-экономические показатели машин

Производительность машины – это количество продукции (выраженное в массе, объеме или штуках), вырабатываемой (перерабатываемой) за единицу времени (час, смену, месяц, год). Различают производительность: теоретическую (расчетную, конструктивную), техническую и эксплуатационную.

Теоретическая производительность – это максимально возможное количество продукции, вырабатываемой за единицу времени непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих движений и нагрузках.

Для машин циклического действия теоретическая часовая производительность:

$$P_T = q n = (60 q)/t_{ц},$$

где q – количество продукции, вырабатываемой за один рабочий цикл m^3 , км, m^2 и др.;

n – число циклов, выполняемых машиной в 1 мин, $n = 60/t_{ц}$;

$t_{ц}$ – продолжительность цикла, с.

Для машин непрерывного действия теоретическая часовая производительность:

$$P_T = 3600 q v,$$

где q – количество материала, размещающегося на 1 м длины потока продукции, (кг, м³, шт);

v – скорость потока продукции, (м/с).

Для машин непрерывного действия, осуществляющих рабочий процесс порционно:

$$P_T = (3600 q v)/a,$$

где a – шаг между отдельными порциями (ковшами, скребками, штучным грузом).

Техническая производительность – это количество продукции, вырабатываемой за единицу времени непрерывной работы машины непосредственно в конкретных производственных условиях при правильно выбранных режимах работы и нагрузках на рабочие органы.

При определении технической производительности определенной машины, например, одноковшового экскаватора, учитывается группа разрабатываемого грунта, высота забоя, угол поворота стрелы с ковшом, вид работы – в отвал или на транспортные средства, коэффициент заполнения ковша и другие факторы. Поскольку все перечисленные факторы могут иметь различные значения, то и техническая производительность машины при различных условиях будет изменяться.

Для машин циклического действия (например, одноковшовых экскаваторов) часовую техническую производительность определяют по формуле:

$$P_{\text{тех}} = 60 q n K,$$

где q – грузоподъемность крана;

n – число рабочих циклов в минуту;

K – коэффициент, учитывающий реальные условия работы.

$$K = K_H / K_p,$$

где K_H – коэффициент наполнения ковша;

$$K_H = V_k / V_{\text{геом}};$$

V_k – объем материала в ковше;

$V_{\text{геом}}$ – геометрическая вместимость ковша;

K_p – коэффициент разрыхления грунта.

Для машин непрерывного действия часовую техническую производительность определяют по формуле:

$$P_{\text{тех}} = 3600 q v k_y,$$

где q – масса груза, кг, или объем, м^3 , приходящийся на 1 м длины несущего органа машины;

v – линейная скорость движения рабочего органа, м/с;

k_y – коэффициент, учитывающий конкретные условия работы.

Эксплуатационная производительность – это количество продукции, вырабатываемой в единицу времени с учетом всех перерывов в работе, вызываемых требованиями эксплуатации, условиями труда работающих и организационными причинами:

$$P_{\text{экс}} = P_{\text{тех}} k_{\text{в}},$$

где $k_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины по времени;

$k_{\text{в}} = 0,7 \dots 0,8$ – для машин циклического действия;

$k_{\text{в}} = 0,85 \dots 0,90$ – для машин непрерывного действия.

Сменную или годовую эксплуатационную производительность машины определяют на основании данных режима работы машины и ее среднечасовой эксплуатационной производительности:

$$P_{\text{экс год}} = P_{\text{экс}} T,$$

где T – число часов работы машины в течение смены или года.

Техническая производительность показывает, какие возможности заложены в машине, а эксплуатационная – как эти возможности используются. Отношение второй производительности к первой определяется коэффициентом использования машины по времени.

Производительность зависит от надежности машины, от количества времени, потраченного на плановые и внеплановые работы по уходу и ремонту. Очевидно, что машина, обладающая большой технической производительностью, но часто выходящая из строя по техническим причинам и требующая продолжительных по времени технических уходов, то есть с низкой надежностью, хуже надежной машины, имеющей несколько меньшую производительность.

Тема 3.2. Пути обновления машинных парков в строительном комплексе

Основным показателем машины, а также деятельности строительной организации, служит стоимость единицы готовой продукции. Кроме него, немаловажное значение имеют и такие показатели как: затраты рабочей силы на единицу продукции (выработка на одного рабочего), расход энергии на

выполнение работы и металла на изготовление машины (энерго- и металлоемкость), количество рабочих часов, затраченных на изготовление машины.

Для сравнения двух машин одинакового назначения используют следующие показатели:

- выработка на одного рабочего $P_{уд}$:

$$P_{уд} = P_{экс}/N, \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{чел},$$

где N – число рабочих обслуживающих машину в течении часа.

- удельная материалоемкость $m_{уд}$:

$$m_{уд} = m/P_{экс}, \text{ кг ч/м}^3,$$

где m – масса машины.

- удельная энергоемкость $P_{уд}$:

$$P_{уд} = P/P_{экс}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^3,$$

где P – мощность силового оборудования.

Все вышеприведенные показатели необходимо учитывать при обновлении машинных парков, отдавая предпочтение многоцелевым машинам и машинам, совмещающим выполнение нескольких технологических операций.

Раздел IV. Изучение конструкций и характеристик строительных машин в разрезе классов

Тема 4.1 Транспортные, транспортирующие и погрузочно-разгрузочные машины

1. Классификация тракторов. Основные модели тракторов, применяемых в качестве базовых для строительных машин.
2. Основные модели автомобилей, применяемых в качестве базовых для строительных машин, их устройство и основные параметры.
3. Основы тягового расчета строительных машин.

К транспортным машинам относят тракторы, автомобили и тягачи.

Тракторы широко используются в строительном производстве в качестве базовых машин для различного, стационарного или сменного, навесного рабочего оборудования. Тракторы также используются как тягачи к прицепах.