**Практическое занятие №1**

**Тема: Графики по организации и движению ЭПС**

**Цель работы** – изучить графики по организации и движению ЭПС.

**Краткие теоретические сведения**

На транспорте движение поездов осуществляется по графику. График движения поездов представляет план всей эксплуатационной работы дороги и является основой организации перевозок. Движение поездов по графику достигается строгим выполнением технологического процесса работы станций, локомотивных и вагонных депо, тяговых подстанций; пунктов технического обслуживания, дистанций пути и других подразделений железных дорог, связанных с движением поездов. Объединяя и координируя работу этих подразделений, график движения дает возможность осуществить их необходимое взаимодействие.

Графики движения поездов классифицируют по следующим признакам:

* в зависимости от скорости движения поездов параллельные и непараллельные (нормальные) (рис. 1.2);
* по числу главных путей на перегонах однопутные и двухпутные (рис.1.3);
* по соотношению числа поездов в четном и нечетном направлениях парные (это число одинаковое), и непарные (различное).

В зависимости от расположения поездов попутного следования графики различают пачечные, пакетные и частично пакетные. При пачечном графике (рис. 1.4) поезда двигаются друг за другом с разграничением межстанционным перегоном. При пакетном графике (рис. 1.5, а) поезда следуют пакетами с разграничением во времени или блок-участками при автоблокировке. При частично пакетных графиках (рис. 1.5, б) часть поездов движется одиночно, а часть - пакетами.

 

Рис.1.1. График движения поездов



Рис. 1.2. Однопутный график



Рис. 1.3. Двухпутный график

 

Рис 1.4. Пачечный график

 

Рис.1.5 График на однопутном участке

Важным элементом графика являются станционные интервалы (рис. 1.6), т. е. минимальные промежутки времени, необходимые для выполнения операций на раздельных пунктах по приему, отправлению и пропуску поездов.

*Интервалом скрещения c* τ называется минимальный промежуток времени между прибытием, с однопутного перегона на раздельный пункт одного поезда до отправления на тот же перегон встречного поезда.

*Интервалом неодновременного прибытия нп* τ называется минимальный промежуток времени между прибытием на раздельный пункт двух поездов противоположных направлений. Соблюдение этого интервала требуется при пропуске одного из поездов сходу и при остановке обоих поездов на раздельном пункте.

*Интервалом попутного следования пс* τ называется минимальный промежуток времени между прибытием на раздельный пункт одного поезда и отправлением с предыдущего раздельного пункта следующего поезда того же направления. Этот интервал определяется затратой времени на контроль прибытия или проследования первого поезда в полном составе через станцию, на связь между раздельными пунктами и на открытие выходного сигнала или выдачу разрешения на отправление второго поезда с предыдущей станции.

*Интервалы неодновременного отправления и прибытия оп* τ *и неодновременного прибытия и отправления по* τ поездов, следующих в том же направлении, предусматриваются лишь в случае, когда ПТЭ запрещают

производить эти операции одновременно по условиям профиля при подходе к станции с имеющимися на ней устройствами СЦБ и при отсутствии изоляции маршрутов отправляемого и принимаемого поездов.

Станционные интервалы определяют построением графика выполняемых операций исходя из максимального совмещения их и конкретных условий работы. Интервалы зависят в основном от средств сигнализации и связи на прилегающих перегонах, способа управления стрелками и сигналами, схемы раздельного пункта (длины горловины, числа стрелок, входящих в маршрут приема и отправления поездов и др.), профиля подхода к раздельному пункту. Например, при автоблокировке и электрической централизации стрелок интервал скрещения может составить 1 мин, интервал неодновременного прибытия - 2 мин; при полуавтоматической блокировке и механической централизации интервал скрещения - 2 мин, интервал неодновременного прибытия - до 4 мин и интервал попутного следования – 2-3 мин.

Одним из элементов графика при автоблокировке является интервал между поездами в пакете *I*. Он определяется наименьшим промежутком времени, необходимым для безопасного следования по перегонам одного поезда вслед за другим и создания условий обеспечения нормальных скоростей движения поездов. По заданному интервалу *I* производится расстановка светофоров при проектировании автоблокировки на участках. Однако при изменении условий эксплуатации (скорости движения, рода тяги, массы состава и т. п.) изменяется и значение *I*. Так, при современных видах тяги, особенно при электрической, благодаря высоким скоростям движения интервалы между поездами в пакете могут быть доведены до 8-6 мин, а на участках, прилегающих к крупным центрам, для пригородных поездов - до 4-3 мин.

Интервал между поездами в пакете может быть рассчитан при автоблокировке исходя из нормальной схемы разграничения поездов в пакете тремя блок-участками, при этом второй поезд следует на зеленый огонь без снижения скорости:

I = 0.06 ,

где  *-* длина блок-участков, м;

- длина поезда, м;

- средняя ходовая скорость поезда на протяжении  *,* км/ч;

0,06 - переводной коэффициент, так как исчисляется в км/ч, а интервал - в мин.

График движения характеризуется количественными и качественным показателями. К количественным относятся: число грузовых и пассажирских поездов, нанесенных на график, размеры погрузки и выгрузки, которые могут быть освоены при данном графике, и др.

К основным качественным показателям графика относятся: техническая, участковая и маршрутная скорости (отдельно для грузовых и пассажирских поездов), коэффициент скорости, средние простои транзитных поездов и локомотивов на участковых станциях.

*Технической* скоростью *т V* называется средняя скорость движения поездов по участку (в км/ч) с учетом дополнительного времени на разгон и замедление:

,

где - сумма поездо-километров (пробег всех поездов, предусмотренных в графике);

 - сумма поездо-часов (время нахождения всех поездов в движении с учетом разгона и замедления).

Участковая скорость отличается от технической тем, что она учитывает стоянки на промежуточных станциях:

,

где - общее время стоянки поездов на промежуточных станциях.

Коэффициент скорости β представляет собой отношение участковой скорости к технической, т. е.

.

*Маршрутной* называется средняя скорость (в км/сут) движения поездов на направлении от начального до конечного пунктов их следования с учетом всех стоянок на раздельных пунктах. Подсчитывается она отдельно для дальних пассажирских, ускоренных грузовых, отправительских маршрутов, а в некоторых случаях и для сквозных поездов.

Средние простои транзитных поездов и локомотивов определяют непосредственно по графику делением суммарной продолжительности простоев на число соответственно транзитных поездов и локомотивов.

Рассмотренные показатели подсчитывают для участка, отделения, дороги и сети в целом.

**Практическое занятие №2**

**Тема: Уравнение движения поезда**

**Цель работы** – уметь выводить уравнение движения поезда.

**Краткие теоретические сведения**

Для расчета кривых движения поезда используют уравнение движения поезда.

Уравнение движения поезда можно вывести из выражения для его кинетической энергии Ак. По теореме Кёнига:

(2.1)

Где *v –* скорость поезда; и - момент инерции и угловая скорость движущейся колесной пары или колес с полуосями при применении дифференциальной передачи со связанными с ними элементами движущего механизма; и - момент инерции и угловая скорость поддерживающей колесной пары или колес; и - момент инерции и угловая скорость якоря двигателя, включая части передачи, укрепленные на его валу.

В формуле (2.1) знаки указывают, суммирование энергии распространяется соответственно на все колесные пары, колеса и якоря тяговых двигателей, которые могут быть разных типов.

При радиусах движущих и поддерживающих колес соответственно и и передаточном числе движущего механизма угловые скорости вращающихся частей, пренебрегая проскальзыванием колес, принимают:

; ;

Подставив эти значения угловых скоростей в выражение для Ак, после вынесения за скобки получаем:

 (2.2)

Величину *m*э, равную числителю второго члена в квадратной скобке, называют *эквивалентной массой вращающихся частей*, двучлен – *коэффициентом инерции вращающихся частей*, а произведение – *приведенной массой поезда*.

Таким образом, поезд с массой *m*, имеющий поступательное движение с одновременным вращением некоторых его частей, эквивалентен телу с приведенной массой , совершающему только поступательное движение.

Обозначим равнодействующую сил, действующих на поезд. Изменение кинетической энергии поезда равно работе приложенных к нему сил, поэтому , откуда:

 (2.3)

Для нахождения соотношения между скоростью *v* и временем *t* следует подставить в уравнение (2.3) , тогда

 (2.4)

Формулы (2.3) и (2.4) также можно вывести на основании второго закона Ньютона , применив его к условиям движения поезда.

В уравнения (2.3) и (2.4) необходимо ввести, например в правые их части, переводные коэффициенты и , так как произвольно могут быть выбраны единицы измерений только для трех из четырех входящих в них величин:

 (2.5)

 (2.6)

Равенства (2.5) и (2.6) называют соответственно *первой и второй формой уравнения движения поезда.*

Тяговые расчеты удобнее выполнять, пользуясь *удельными* значениями равнодействующей силы и ее составляющих, для чего уравнения (2.5) и (2.6) делят на вес *G* (иногда на массу поезда *m*):

 (2.7)

 (2.8)

Где .

**Практическое занятие №3**

**Тема: Кривые движения поезда и задачи тяговых расчетов**

**Цель работы** – ознакомиться с разновидностями и формами кривых движения.

**Краткие теоретические сведения**

*Разновидности и формы кривых движения*

На рис.3.1 приведены кривые движения поезда *v(t)* и *v(s)* по перегону длиной *s*пер c неизменным уклоном пути. Зависимости приложенных к поезду сил *F*, *W* и *B* от скорости *v* даны на рис. 3.2, на котором штриховыми линиями вычерчены также равнодействующие силы (*F* – *W*)(*v*) и –(*B* + *W*)(*v*).

В период разгона поезда, называемый *периодом пуска*, сила тяги *F* поддерживается машинистом (участок *АК*, рис. 3.2). Период пуска заканчивается при пусковой скорости *v*п в момент прекращения действия пусковых регуляторов. Далее сила тяги *F* меняется по характеристикам двигателя на данной ступени регулирования (участок *КС*). Когда сила тяги *F*, уменьшаясь, станет равной полному сопротивлению движению *W*(*C’C* = *C’D* и *F* – *W* =0), скорость поезда возрастет до установившейся *vу*.

За время пуска равнодействующая сила *F – W* мало меняется с увеличением *v* (участок *A’K’*) и, следовательно, ускорение поезда практически постоянно, а движение поезда равноускоренное. Поэтому начальная часть *0a* кривой движения *v*(*t*) изображается прямой линией (см. рис. 3.1). От точки, соответствующей пусковой скорости *v*н, вследствие уменьшения равнодействующей силы *(F – W)* сначала резкого (вблизи точки *K’*, рис. 3.2), а затем более плавного (при подходе к точке *C’*), участок *ab* кривой движения (см. рис. 3.1) имеет уменьшающуюся кривизну по мере увеличения скорости.

Участок *bs* кривой *v*(*t*) изображает движение с равномерной, установившейся скоростью *v*v. Теоретически скорость поезда на данном уклоне может установиться лишь через бесконечно большое время (и, следовательно, на бесконечно длинном участке) вследствие постепенного убывания равнодействующей силы, стремящейся к нулю (при скорости *vу*). В случае большой длины участка с неизменным уклоном скорость поезда может достичь значений, близких к *vу*, и с этого момента (например, от точки *b*, рис. 3.1) скорость считают практически равномерной и равной *vу*.

От точки *c* начинается выбег при незначительно уменьшающемся замедлении, так как равнодействующая сила, равная *W*, - отрицательна (см. рис. 3.2) и по абсолютному значению уменьшается при снижении *v* – участок *cd* на кривой *v*(*t*) (см. рис. 3.1).

Период торможения начинается от точки *d* при скорости *v*т. Форма кривой торможения (*de*, рис.3.1) определяется зависимостью замедляющей силы *B + W* от скорости *v* (между точками *H’* и *E’* на рис.3.2).

В соответствии с рассмотренными частями кривой движения *v*(*t*) различают времена, или периоды (см. рис. 3.1): пуска tп, движения под током tI, выбега tв, торможения tт. Время движения поезда по перегону Тx называется «ходовым». Слева от кривой *v*(*t*) на рис. 3.1 изображена кривая движения поезда *v*(*s*). Пройденный поездом перегон длиной *s*пер подразделяется на путь движения под током *s*I, включающий пусковой путь *s*п, путь выбега *s*в и тормозной путь *s*т. Точкам *a*, *b*, *c* и *d* на кривой *v*(*t*) отвечают точки *a’*,*b’*,*c’* и *d’* на кривой *v*(*s*).

Зависимость *s*(*t*) является основой для составления графика движения поездов. Ее можно построить по кривым *v*(*t*) и *v*(*s*), так как для любой точки перегона известны время и пройденный путь от начала движения. На рис. 3.3 приведена кривая *s*(*t*), построенная по кривым движения рис. 3.1. На ней обозначены граничные точки периодов движения теми же буквами, что и на кривой *v*(*t*).

*Свойства кривых движения*

Пройденный поездом путь sк в пределах изменения скорости от vк1 до vк2 равен интегралу:

,

представляющему собой площадь под кривой *v*(*t*) в принятых пределах изменения скорости; на рис. 3.1 эта площадь заштрихована.

Определяя площади кривой *v*(*t*) от точки *0* для ряда последовательных значений скорости *v* вплоть до точки *e*, можно построить кривую движения *v*(*s*). Вся площадь кривой *v*(*t*) соответствует длине перегона *s*пер.

Путь, пройденный поездом при постоянном ускорении или замедлении , в пределах изменения скорости от *v1* до *v2*:

. (3.1)

Зависимость *v*(*s*) в этом случае изображается параболой, а *v*(*t*) – прямой линией.

Скорости движения поезда оценивают следующими показателями:

ходовой скоростью на перегоне

; (3.2)

технической скоростью на участке

, (3.3)

где - длина участка, состоящего из *n* перегонов; - сумма ходовых времен по всем перегонам участка;

участковой скоростью

. (3.4)

где - суммарное время стоянок на промежуточных станциях.

Из формул (3.3) и (3.4) получают соотношение между и :

. (3.5)

Тангенс угла *δx* наклона прямой, соединяющей начало координат 0 с точкой *e* кривой *s*(*t*) (см. рис. 3.3), пропорциональный , определяет ходовую скорость *vx* согласно формуле (3.2).

*Задачи тяговых расчетов*

Главным назначением тяговых расчетов является вывод зависимостей между величинами, характеризующими движение поездов, и определение эксплуатационных и энергетических показателей работы электроподвижного состава. В объем расчетов входят: предварительный выбор массы и типа поездов; расчет времен хода и скоростей движения по перегонам; определение зависимостей потребления поездами тока или мощности от пути или времени и расхода энергии на их движение; расчет нагревания тяговых двигателей и другого электротягового оборудования; окончательное уточнение параметров электроподвижного состава, масс поездов, режимов и эксплуатационных показателей их работы.

**Практическое занятие №4**

**Тема: Механическое торможение**

**Цель работы** – изучить классификацию систем торможения.

**Краткие теоретические сведения**

*Расчет тормозной силы поезда*

При тяговых расчетах обычно пользуются характеристикой удельной тормозной силы поезда *b(v)*, рассчитываемой по формуле (??). Для определения *b(v)* состава, сформированного из нескольких групп вагонов различной грузоподъемности, можно сначала подсчитать по формуле (??) тормозную силу каждой группы однотипных вагонов, а затем тормозную силу поезда как сумму тормозных сил всех вагонов.

При таких расчетах пользуются не действительным, а расчетным коэффициентом трения и расчетной силой нажатия. Расчетный коэффициент определяют по формулам (??) и (??), подставляя в них определенное , одинаковое для всех вагонов значение нажатия *K0=const*. Для чугунных колодок принимают *K0=26,5* кН и для композиционных *K0=15,7* кН, условно считая эти значения *K0* средними для действительных сил нажатия на колодку четырехосного вагона при груженом и порожнем режимах торможения. Тогда получают расчетный коэффициент трения φкр чугунной колодки, зависящий только от скорости движения:

 (??)

для композиционной колодки:

. (??)

Чтобы сохранить при этом действительное значение тормозной силы *B*, необходимо соблюдать равенство:

,

где - расчетное нажатие в отличие от действительного нажатия *K*.

Подставляя в последнее выражение из равенства (??) и из уравнения (??) получим для чугунной колодки:

. (??)

На основании выражений (??) и (??) для композиционной колодки:

. (??)

Расчетные нажатия чугунных тормозных колодок на одну ось (колесную пару) э. п. с. основных типов и вагонов железных дорог (при включении тормозов на порожний и груженый режимы) для автоматического торможения представлены в таблице 4.1.

|  |
| --- |
| Электровозы |
| ВЛ80 | 137 |
| ВЛ23, ВЛ60 | 108 |
| Остальные серии | 98 |
| Электропоезда |
| Моторный вагон | 98 |
| Прицепной и головной вагоны | 88 |
| Цельнометаллические пассажирские вагоны | 98 |
| Четырехосные грузовые вагоны |
| При груженом режиме | 69 |
| При среднем режиме | 49 |

Используя расчетные значения и , представим тормозную силу поезда, Н, в виде:

. (??)

Отсюда найдем удельную тормозную силу, Н/кН:

. (??)

В последнем равенстве множитель , представляющий расчетную силу нажатия тормозных колодок на 1 кН веса поезда, называют *расчетным тормозным коэффициентом* поезда. При этом удельную тормозную силу поезда , Н/кН, можно представить в виде:

.