**Курсовой проект**

**«Железнодорожный путь»**

**ТЕМА**

**«Проектирование и расчёты верхнего строения пути»**

**ВВЕДЕНИЕ**

Определение класса железнодорожного пути, конструкции, типа и характеристик его верхнего строения.

Исходные данные.

1. грузонапряженность млн. ткм/км брутто в год 65
2. максимальная скорость движения поездов, км/час
	* пассажирских 100
	* грузовых 70
3. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**

Современная система ведения путевого хозяйства основана на классификации пути в зависимости от грузонапряжённости и скоростей движения поездов.

Железнодорожный путь классифицируется в зависимости от сочетаний грузонапряженности и максимальных допускаемых скоростей движения пассажирских и грузовых поездов.

По грузонапряженности пути разделяют на 5 групп, обозначаемых буквами (Б, В, Г, Д, Е) по допускаемым скоростям - на 7 категорий, обозначаемых цифрами (1…7). Классы пути обозначают цифрами.

Принадлежность пути соответствующему классу. группе и категории обозначается сочетанием буквы и цифр. Например, *2Б3* обозначает, что путь принадлежит 2 классу, входит в группу Б и категорию 3.

При определении класса пути необходимо учитывать:

1. На железнодорожных линиях федерального (общесетевого) значения пути должны быть не ниже 3 класса.
2. Непрерывная длина пути соответствующего класса, как правило, не должна быть менее длины участка движения с одинаковыми на всем протяжении грузонапряженностью и установленными скоростями пассажирских или грузовых поездов (в зависимости от того, какая из них соответствует более высокому классу). Без учета отдельных километров и мест, по которым уменьшена установленная скорость из-за кривых малого радиуса, временно неудовлетворительного технического состояния пути или искусственных сооружений, либо по другим причинам.
3. В зависимости от количества пассажирских и пригородных графиковых поездов путь должен быть не ниже:
4. класса — более 100 поездов в сутки;
5. класса — 31-100 поездов в сутки;
6. класса — 6-30 поездов в сутки.

При скорости 80 км/ч класс пути понижается на одну ступень.

На двухпутных и многопутных участках классы путей устанавливаются одинаковыми с классом пути, имеющим большую грузонапряженность, при условии, если разница в грузонапряженности не превышает 30%. При большей разнице класс каждого из путей устанавливается по фактическому сочетанию грузонапряженности и установленной скорости.

Пути, предназначенные для движения подвижного состава с опасными грузами, не должны быть ниже 4 класса.

Приемо-отправочные и другие станционные пути, предназначенные для сквозного пропуска поездов со скоростями 40 км/ч и более, подъездные пути со скоростями более 40 км/ч, а также горочные пути относятся к 3 классу. Станционные пути, не предназначенные для сквозного пропуска поездов, при установленных скоростях 40 км/ч, а также специальные пути, предназначенные для обращения подвижного состава с опасными грузами, сортировочные и подъездные пути со скоростями движения 40 км/ч относятся к 4 классу. Остальные станционныеи подъездные пути относятся к 5 классу.

Сортировочные и горочные пути на сортировочных станциях относятся к 4 классу.

Главные пути, где установлены скорости движения пассажирских поездов более 140 км/ч, относятся квнеклассным путям.

В зависимости от класса пути устанавливаются технические условия и нормативы на укладку и ремонт пути.

**1.1 Конструкция, тип и характеристики верхнего строения пути**

Предусмотрены три конструкции верхнего строения пути:

* бесстыковой путь на железобетонных шпалах;
* звеньевой путь на железобетонных шпалах;
* звеньевой путь на деревянных шпалах**;**

При этом в регионах, где позволяют климатическиеусловия, на путях 1-4 классов рекомендуется преимущественноприменять бесстыковой путь, а на путях пятого класса — звеньевой путь на железобетонных шпалах.

**На путях 1 и 2** классов укладываются рельсы Р65 (новые, термоупрочненные, категории В, Т, и Т2, новые скрепления, шпалы новые железобетонные 1 сорта).

Эпюра шпал: в прямых и кривых радиусами более 1200 м — 1840 шт/км, в кривых радиусами 1200 м и менее — 2000 шт/км.

Балласт щебеночный или асбестовый с толщиной слоя под деревянными шпалами 40 см.

**На путях 3 класса** укладываются рельсы Р65 новые или старогодные. Скрепления и шпалы новые и старогодные, отремонтированные в соответствиис Техническими условиями на применение старогодныхматериалов верхнего строения. Эпюра и группа шпал такие же, как на путях 1 и 2 классов.

Балласт щебеночный или асбестовый с толщиной слоя под деревянными шпалами 35 см и под железобетонными шпалами 40 см.

**На путях 4 класса** укладываются старогодные рельсы II и III группы годности в соответствии с Техническими условиями на применение старогодных материалов верхнего строения. Скрепления и шпалы старогодные, как правило, отремонтированные. Эпюра шпал такая же, как на путях 1-3 классов. Допускается укладка новых шпал второго сорта. Допускается чередование деревянных и железобетонных шпал (по специальному согласованию с МПС).

Балласт щебеночный, асбестовый или гравийно-песчаный с толщиной слоя под деревянными шпалами 25 см и под железобетонными шпалами 30 см.

**На путях 5 класса** укладываютсярельсы, скрепления и шпалы — старогодные, рельсы IIIгруппы годности, в т.ч. непригодные к укладке в пути 3 и 4 классов. Рельсы не легче Р50.

Допускается чередование старогодных железобетонных и деревянных шпал по схемам, устанавливаемым службой пути дороги. Эпюра шпал: в прямых и кривых радиусами более 650 м — 1440 шт/км; в кривых радиусами 650 м и менее — 1600 шт/км.

Согласно данным задания:

* грузонапряженность 65 млн. ткм/км
* скорость пассажирских поездов 100 км/час
* скорость грузовых поездов 70 км/час
* путь относится к 1-му классу, входит в группу Б и категорию 3 т.е. 1Б3

Конструкции, типы и элементы пути:

* рельсы Р65, новые термоупрченные;
* скрепления новые;
* шпалы железобетонные новые 1-го сорта;
* балласт щебёночный толщиной под шпалой – 0,40м;
* эпюра шпал: на прямых и кривых *R≥1200м* – 1800 шт/км, на кривых *R1200м* и меньше – 2000 шт/км
* поперечный профиль балластной призмы прилагается
1. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ УКЛАДКИ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ**

Исходные данные:

* тип рельсов Р65;
* род балласта асбест;
* радиус кривой 600м;
* локомотив ВЛ23;
* скорость движения 60 км/ч;
* *t max*; max 62°C;
* *t min*; min -34°C;
* *t факт* -4 °C;
* длина пути 1100м

Возможность укладки бесстыкового пути в конкретных условиях устанавливается сравнением допускаемой температурной амплитуды [7] для данных условий с фактически наблюдавшейся в данной местности амплитудой колебаний температуры *ТА*.

Если по расчету *ТА≤* [*Т*], то бесстыковой путь можно укладывать.

Значение *ТА* определяется как алгебраическая разностьнаивысшей *tmax max* и наинизшей *tmin min* температур рельса**,** наблюдавшихся в данной местности (при этом учитывается, что наибольшая температура рельса на открытых участках превышаетна 20 °С наибольшую температуру воздуха):

*ТА= tmax max* – *tmin min*; *ТА* = 62- (-34)= 96°С

Амплитуда допускаемых изменений температур рельсов

[*Т*]= [*Δ tу*]+ [*Δ tр*]+ [*Δ tз*],

где: [*Δtз*],— минимальный интервал температур, в которомокончательно закрепляются рельсовые плети, [*Δ tз*] = 10°С;

[*Δtр*] — допускаемое повышение температуры рельсовпо сравнению с температурой их закрепления, определяемоеустойчивостью против выброса пути при действии сжимающих продольных сил;

[*Δtу*]— допускаемое понижение температуры рельсовыхплетей по сравнению с температурой закрепления, определяемое их прочностью при действии растягивающих продольных сил.

**2.1 Расчет повышений и понижений темпера туры рельсовых плетей, допустимых по условиям прочности и устойчивости**

Допускаемое повышение температуры рельсовых плетей [*Δtу*] устанавливается на основании исследований устойчивостипути.

Допускаемое понижение температуры рельсовых плетей определяется расчетом прочности рельсов, основаны на условии, что сумма растягивающих напряжений, возникающих от воздействия подвижного состава и от изменений температуры, не должна превышать допускаемого напряжения материла рельсов.

В данном случае величина [*Δtу*] определяется на основании данных таблицы №4 методуказаний.

[*Δtу*] = 40°С;

*Kn* σ*k* + σ*t* ≤ [σ]

где: *Kn* — коэффициент запаса прочности (*Kn* = 1,3 для рельсов первого срока службы; *Kn* = 1,4 для рельсов, пропустивших нормативный тоннаж);

σ*k* — напряжение в кромках подошвы рельса под нагрузкой от колес подвижного состава, МПа;

σ*t* — напряжение в поперечном сечении рельса отдействия растягивающих температурных сил, возникающих мри понижении температуры рельса по сравнению с еготемпературой при закреплении, МПа;

[σ]— допускаемое напряжение (для новых незакаленных рельсов [σ] = 350 МПа, для новых термоупрочнённых — 400 МПа).

Напряжение в подошве рельса σ*k* определяется по правилам расчета верхнего строения пути на прочность.

Температурное напряжение, возникающее в рельсе в связи с несостоявшимся изменением его длины при изменениитемпературы,

σ*t* = α*EΔt =* 2,5 *Δt,*

где α— коэффициент линейного расширения (а = 0,0000118 1/град);

*Е* — модуль упругости рельсовой стали *(Е =* 210 ГПа= 2,1-105 МПа);

*Δt*—разность между температурой, при которой определяется напряжения, и температурой закрепления плети**,** °С.

Наибольшее допускаемое по условию прочностирельса понижение температуры рельсовой плети по сравнениюс ее температурой при закреплении определяется по формуле:

[*Δtр*] = [σ] - *Kn* σ*k*= [σ] - *Kn* σ*k*

α*E 2,5*

В данном случае понижение [*Δtр*] температуры рельсовых плетей по сравнению с температурой их закрепления для бесстыкового пути с неупрочненными рельсами первого срока службы на железобетонных шпалах и щебеночном или асбестовом балласте приведены в таблице №5 методуказаний: [*Δtр*] = 82°С; Для рельсов термоупроченных:

[*Δtр*] = 82 + 20 = 102°С;

Тогда [*Т*] будет равно:

[*Т*]= [*Δ tу*]+ [*Δ tр*]+ [*Δ tз*] = 40+82–10=112°С;

Условие *ТА≤* [*Т*] соблюдается; 96°С< 112°С, значит при выше указанных условиях на данном участке можно укладывать бесстыковой путь.

**2.2 Расчет интервалов закреплений плетей**

Расчетный интервал закрепления плетей

*Δ tз* =[*Δ tу*]+ [*Δ tр*] - [ *ТА*] ;

*Δ tз* = 40+82-96 = 26 °С;

Границы интерна на закрепления, т.е. самую низкую min *tз* наибольшую max *tз*, температурызакрепления, определяют по формулам:

min *tз* = *tmax max* – [*Δ tу*] = 62-40=22°С ;

max *tз* = *tmin min* +[*Δ tр*]=-34+82=48°С;

При укладке плетейдлиной более 800 м нижняя граница интервала закрепления должна быть не менее чем на 8°С выше нижней границы, установленной для плетей обычной длины.

Диаграмма температурного режима плетей прилагается.

=26°С

=62°С

= -34°С

=48°С

=22°С

=40°С

=82°С

Рис. 2. Диаграмма температурного режима плетей

1. **РАСЧЁТЫ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ**
	1. Определение возвышения наружного рельса в кривой.
	2. Расчёт основных элементов для разбивки переходных кривых.
	3. Определение ширины колеи в кривой.
* радиус кривой 1100м;
* максимальная скорость движения поезда по кривой:
	+ грузового 73км/ч;
	+ пассажирского 90км/ч;
* приведенная скорость поездпотока 50км/ч;
* угол поворота линии *β* 32°;
* единица подвижного состава ВЛ23;
* зона скорости первая.

**3.1 Возвышение наружного рельса в кривой**

Возвышение устраивается в кривых участках пути радиусом 4000 м и менее. Максимальная величина возвышения не должна превышать 150 мм.

Перерасчету подлежат возвышения в кривых, в которых наблюдается повышенный износ рельсов по одной из ниток, интенсивные расстройства по ширине колеи и направлению в плане, допускаемые скорости по возвышению и его отводу не соответствуют друг другу, начало и конец отводов по кривизне и возвышению не совпадают более чем на 10 м, реализуемые скорости на 10-15% отличаются от максимальных, установленных дорожным приказом, или от ранее принятых при расчете возвышения, в том числе и из-за введения длительных ограничений скорости, а также в кривых на участках запланированных капитальных работ.

Величина возвышения в круговой кривой определяется начальником дистанции пути и утверждается начальником железной дороги.

Величина возвышения в кривой, мм, определяется по следующим формулам:

для пассажирского поезда:

*hр пас* =12,5 *V²*max пас/ *R*-115; (1)

для грузового поезда:

*hр гр* =12,5 *V²*max гр/ *R*- 50; (2)

для потока поезда:

*hр пот* =12,5 *V²*пот/*R*; (3)

где: *V*max пас и *V*max гр — максимальные скорости, км/ч соответственно пассажирского и грузового поезда, установленные в кривой по приказу начальника дороги;

*V*пот— приведенная скорость поездопотока, км/ч;

*R* — радиус кривой, м.

Из полученных по формулам (1-3) величин возвышения принимается большее и округляется до значения, кратного 5 мм.

В данном случае вертикальная прямая, соответствующая кривой *R*=1300м пересекается с линией поездпотока. Значит расчёт возвышения наружного рельса в кривой следует вести по формуле:

Точное значение приведенной скорости поездопотока *V*

для расчета возвышения по формуле (3) определяется по формуле:

*h* =12,5 *V²*пр/*R*;

где: *V*пот— приведенная скорость поездпотока. По заданию *V*пот=45км/ч.

Возвышение наружного рельса в кривой будет равна:

*h* =12,5 50²/1100 = 28мм;

**3.2 Расчет основных элементов для разбивки переходной кривой**

Длина переходной кривой *l*0 зависит от принятого уклона отвода возвышения *i,* скорости движения, допустимой величины нарастания горизонтальных ускорений, допустимой скорости подъема колеса по наружному рельсу и т.д.

В данном случае принимаются следующие нормативы:

* уклон отвода возвышения рельса *i =* 0,001**;**
* величина нарастания ускорения αнп = 0,7 м/с2; ψ = 0,6 м/с3;
* скорость подъема колеса по наружному рельсу 28 мм/с = 1/10 км/ч.

Определяется длина кривой превышающие указанных условий

* Из условия непревышения допустимого уклона *i* отвода возвышения наружного рельса

*l*01 = *h*0 / *i*= 20 / 0,001=20м

* При скорости подъема колеса по наружному рельсу 28 мм/с = 1/10 км/ч *h*0 /*l*0 =1/(10 *V*max).Отсюда:

*l*02 =10 *h* *V*max =10\*0,0,02\*90 =18,0м

* Из условия допустимой величины нарастания горизонтальных ускорений

*l*03 = αнп *V*max/ 3,64 =0,7\*90/3,64 =63 / 3,64 =29,2м

* Устанавливается длина переходной кривой в соответствии с СТНЦ-01-95 в зависимости от заданной величины радиуса *R,* категории линии и зоны скорости (таблица методуказаний). Принимается *l*04 =80м

Из четырёх определённых значений длины переходной кривой принимается наибольшая, т.е принимается длина переходной кривой *l*0 =80м

Величина уклона отвода будет:

*i*0 = *h*0 / *l*0= 0,020 / 80= 0,00025м

Определяются параметр кривой

*C* = *R l*0 = 1100\*80 =88000м2

Величина сдвижки круговой кривой к центру

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *P=* | *l*0 2 | (1 - | *l*0 2 | ) |
| 24*R* | 112*R*2 |
| *P=* | 802 | (1 - | 802 | ) | = | 6400 | ( | 1- | 6400 | ) | = | 0,21м |
| 24\*1100 | 112\*11002 | 26400 | 13552\*104 |

Расстояние *m* от тангенсного столбика сдвинутой кривой до начала переходной кривой

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *m=* | *l*0 | (1 - | *l*0 2 | ) |
| 2 | 112*R*2 |
| *m=* | 80 | (1 - | 6400 | ) | = | 40 | ( | 1- | 6400 | ) | = | 39,87м |
| 2 | 112\*11002 | 13552\*104 |

Значение абсциссы *x*0 и ординаты *у*0 для конца переходной кривой

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *x*0*=* | *l*0 | (1 - | *l*0 4 | ) |
| 40*С*2 |
| *x*0*=* | 80 | (1 - | 4096\*104 | ) | = | 80 | ( | 1 - | 0,00379 | ) | = | 79,69м |
| 88000\*102 |
| *у*0*=* | *l*0 3 | ( | 1 | - | *l*0 4 | ) |
| 2*С* | 3 | 168*С*2 |
| *у*0*=* | 51200 | ( | 1 | - | 4025\*104 | ) | = | 0,819м |
| 2\*88000 | 3 | 168\*88000\*106 |

Подсчёт для промежуточных ординат для: *х=* 10м; *х=* 20м; *х=* 30м

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *у*10*=* | *х*3 | ( | 1 | + | 2*х*4 | ) |
| 6*С* | 35*С*2 |
| *у*10*=* | 103 | ( | 1 | + | 2\*104 | ) | = |
| 6\*88000 | 35*\**880002 |
| = | 0,0016 | ( | 1 | + | 2 | ) | = | 0,0018м |
| 37856\*103 |
| *у*20*=* | 203 | ( | 1 | + | 2\*204 | ) | = |
| 6\*88000 | 35\*880002 |
| = | 0,0128 | ( | 1 | + | 32 | ) | = | 0,0128м |
| 35\*880002 |
| *у*30*=* | 303 | ( | 1 | + | 2\*304 | ) | = |
| 6\*880002 | 35\*880002 |
| = | 0,0433 | ( | 1 | + | 162 | ) | = | 0,0433м |
| 35\*88000 |

**3.3 Определение ширины колеи в кривой**

Согласно исходным данным необходимо определить для заданного экипажа оптимальную и минимально допустимую ширину колеи в кривой радиуса *R.*

Ширина колеи на кривой определяется расчетом по вписыванию экипажа в заданную кривую, исходя из следующих условий:

* ширина колеи должна быть оптимальной, т.е. обеспечивать наименьшее сопротивление движению колес, наименьшие износы колес и рельсов;
* ширина колеи должна быть больше минимально допустимой *S*min.

Оптимальная ширина рельсовой колеи *Sопт* на кривой радиусом *R* из условия вписывания тележки с трехосной жесткой базой *Lo* определится следующим образом (см. рис. 3).

Обозначим ширину колесной колеи:

Расчетные схемы вписывания трехосной жесткой базы

Обозначения на рис. 3:

О — центр вращения экипажа; *λ* — расстояние от центра вращения экипажа до геометрической оси первого колеса (в данном случае *λ =* Lo); *b1* — расстояние от геометрической оси первой колесной пары до точки касания гребня колеса с рельсом; *fn* — стрела изгиба наружного рельса (при хорде АВ); ∑η — сумма поперечных разбегов соответствующих колесных пар заданного экипажа.

При ∑η= О *S=К + fn;*

При ∑η≠ О *S=К + fn -*∑η*.*

*К = (Т* + *2q +* 2*µ*),

где *Т* — насадка колес, мм;

*q* — толщина гребня колеса, мм;

*µ*— утолщение гребня выше расчетной плоскости, ранное для вагонных колес 1 мм, для локомотивных колес 0.

Поскольку экипажем, требующим наибольшей ширины колеи, будет тот, который имеет *Кmах*, а допуск на сужение равен 4 мм, то

*Sопт=Кmах* + *fn* +∑η +4 ;

*fn=(λ + b1 )* 2/2*R;*

 *b1=λ\* r/ R\* tg τ*

где: *r* — радиус качения колеса, м;

*τ* — угол наклона образующей гребня колеса к горизонту (для вагонного колеса 60°, для локомотивного 70°)

При определении минимально допустимой ширины *Smin* (см. рис. 3 справа), за расчетную принимается схема заклиненного вписывания экипажа, при которой наружные колеса крайних осей жесткой базы ребордами упираетсяв наружный рельс кривой, а внутренние колеса средней оси — в рельс внутренней нити.

К полученной на основании такой расчетной схемы ширине колеи прибавляется *δ*min — минимальный зазор между боковой рабочей гранью рельса и гребнем рельса на прямом участке пути:

*Smin=Кmах* + *fn* -∑η + *δ*min ;

*fn=(λ + b1 )* 2/2*R; b1=λ\* r/ R\* tg τ; λ = L0* /2;

Из таблицы №7 методуказаний и таблицы №8:

*Кmах =*1509мм; ∑η= 6мм; *λ = L0=*4400мм; *r=*600мм*;*

*fn=(λ + b1 )* 2/2*R; b1=λ\* r/ R\* tg τ*

*b1=*4400\* 600 / 1100000*\* tg* 70°= 4400\*600/1100000\*2,747=7мм;

*f*=(4400 + 7) 2/2\*1100000=9мм;

*Sопт=*1509+9-6+4=1516мм;

*Smin=Кmах* + *fn* -∑η + *δ*min ; из таблицы №7 *δ*min =7мм

*b1=λ\* r/ R\* tg τ*=2200\*600/1100000\*2,747=3мм;

*λ = L0* /2= 4400/2 =2200мм;

*fn=(*2200+ 3) 2/2\*1100000=2мм;

*Smin=*1509+3-6+4+7=1517мм;

Согласно ПТЭ в кривой радиуса R=1100м ширина колеи 1520мм

**Используемая литература**

1. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. СНиП 32-01-95. Минстрой России, 1995.
2. Приказ Министра путей сообщения Российской Федерации № 14 Ц от 25 сентября 1995 г. «О строительно-технических нормах «Железные дороги колеи 1520 мм» — М., 1995.
3. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. — М.: Министерство путей сообщения Российской Федерации, 1995.
4. Положение о системе ведения путевого хозяйства на железных дорогах Российской Федерации. — М.: МПС РФ, 2002.
5. Приказ № 41 от 12.11.01 «Нормы допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм федерального железнодорожного транспорта. — М.: Транспорт, 2001.
6. Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути. — М.: Транспорт, 2000.
7. Технические условия на работу по ремонту и планово-предупредительной выправке пути. Утв. МПС 28 июня 1997 г. — М.: Транспорт, 1998. — 188 с.
8. Железнодорожный путь/ Под ред. Т.Г. Яковлевой. — М.:Транспорт, 2001.
9. Чернышев М.А., Крейнис З.Л. Железнодорожный путь. — М.: Транспорт, 1985. — 302 с.

10. Крейнис З.Л. Современные конструкции верхнего строения железнодорожного пути: Уч. пос. — М.: РГОТУПС. 1997. — 78 с. (Часть I). — М.: РГОТУПС, 1998. (Часть И).