

УДК 625.143.482

БУГАЕЦ Н.В., ассистент (УкрГАЗТ)

Допускаемые напряжения в рельсошпальном основании путей необщего пользования

Приведены теоретические основы определения допускаемых сжимающих напряжений в балласте и на основной площадке земляного полотна в специфических условиях эксплуатации путей необщего пользования Украины. Получены значения таких напряжений с учетом величины осевых нагрузок, скоростей движения, вида балластных материалов.

Ключевые слова: балластный слой, основная площадка земляного полотна, пути необщего пользования.

Введение

При расчетах прочности и устойчивости путей магистральных дорог главными характеристиками рельсошпального основания являются допускаемые напряжения в этих элементах при сжатии. Допускаемые напряжения при сжатии в балласте установлены в зависимости от вида балластного материала и вида нагрузки (таблица 1) [1].

Таблица 1

Допускаемые сжимающие напряжения в балласте

Наименование балластного материала	Допускаемое (рекомендуемое) напряжение, МПа	
	Под локомотивной нагрузкой	Под вагонной нагрузкой
1	2	3
Щебень из естественного камня и металлургических шлаков с размерами частиц 25–50, 25–60 и 25–70 мм	0,49	0,3187
Щебень с размерами частиц 5–25 мм	0,392	0,25497
Гравий и ракушка	0,2941995 (0,382459)	0,2206 (0,2867)
Песчаный и гравийно – песчаный	0,26968 (0,343233)	0,196 (0,25497)

Допускаемые напряжения сжатия грунтов на основной площадке земляного полотна изменяются в пределах от 0,08 до 0,1 МПа для вагонов и от 0,1 до 0,12 МПа для локомотивов [2].

Указанные значения допускаемых напряжений приняты также при расчетах путей необщего пользования на прочность и приведены в нормативных документах [3].

Однако, как было установлено в результате экспериментальных исследований, проведенных на действующих путях металлургических и горнодобывающих предприятий [4], характер воздействий специального и специализированного подвижного состава на рельсошпальное основание существенно отличается от воздействий вагонов общего пользования в условиях магистральных дорог [5, 6].

Проведенные экспериментальные исследования и опыт эксплуатации дорог необщего пользования показали, что значения допускаемых напряжений в элементах рельсошпального основания должны быть иными, зависящими от условий эксплуатации таких путей.

Постановка проблемы

Целью исследований является разработка методики определения допускаемых напряжений в элементах рельсошпального основания железнодорожных путей необщего пользования, которая позволяет учитывать фактические условия эксплуатации. Определения значений допускаемых напряжений в балластном слое и на основной площадке земляного полотна в таких условиях.

Анализ исследований и публикаций

Прочность щебня балластного материала, является одним из качественных показателей. В табл. 2 приведены нормы прочности щебня при определении ее на копре ПМ или в полочном барабане типа шаровой мельницы, как это принято существующим стандартом. Испытание в полочном барабане является основным, а на копре ПМ – ориентировочным для предварительной оценки [7].

Нормы прочности щебня при определении на копре ПМ или в полочном барабане

Показатели механической прочности при испытании				Примечания
На копре ПМ		В полочном барабане типа шаровой мельницы		
Марка щебня	Сопротивление удару в условных единицах	Марка щебня	Истираемость (потеря в массе при испытании), % от первоначальной массы	
1	2	3	4	5
У - 75	75 и выше	И - 20	До 20	Щебень высокой прочности
У - 50	50 - 74	И - 40	До 40	Щебень средней прочности
У - 40	40 - 49	И - 50	До 50	Щебень слабой прочности

Анализ зарубежного опыта применения щебеночных балластных материалов показывает, что в большинстве технически развитых стран применяют щебень из прочных каменных пород с верхним пределом крупности до 50 – 63 мм, а при железобетонных шпалах применяют более мелкий щебень, чем при деревянных [8].

Так, в США и Англии применяют щебень фракции 25 – 51 мм, во Франции и Венгрии – 25 – 55 мм, в Германии – 25 – 56 мм, в Японии, Югославии, Польше, Турции, Дании, Бельгии, Швеции, верхний предел крупности щебня 60 – 63 мм, а в Австралии намечается снизить предел крупности до таких же размеров. При железобетонных шпалах в Англии и Франции применяют щебень фракций 20 – 40 мм [8].

Металлургические шлаки сопоставимы с балластом из горных пород. В качестве балласта используют, как правило, кислые шлаки. Механические характеристики шлакового балласта должны быть близки к щебеночному.

На путях необщего пользования балластная призма устраивается в соответствии с типовыми профилями. Она может быть трех-, двух- и однослойная [3].

Однослойный балласт (песчаный, гравийный, шлаки и т.п.) применяется на малодеятельных и временных путях, двухслойный (щебеночный) является наиболее распространенным видом как на магистральных путях так и на путях необщего пользования; трехслойный балласт с верхним покрывающим слоем (например - ракушечным) предохраняет балластную призму от засорения. На участках с большими нагрузками на основную площадку земляного полотна может укладываться суббалласт - слабый щебень, булыжник и т.п.

Толщина балластного слоя устанавливается в зависимости от величины осевой нагрузки и годовых объемов перевозок. Однако исследования, выполненные во ВНИИЖТе [9], показали, что по расчетам прочности подшпального основания в условиях путей необщего пользования требуемая

толщина балласта при осевых нагрузках 300 – 450 кН должна составлять не менее 80 см.

Основная часть

В балластном слое постоянно накапливаются остаточные деформации, величина которых, их неравномерность и интенсивность являются следствием совместного действия большого количества факторов. Это – постепенное уплотнение балласта за счет переупаковки частиц под воздействием поездной вибрационной нагрузки, около граней щебня в местах их контакта друг с другом, различное сочетание нагрузок, передаваемых на балластный слой от подвижного состава как поперек, так и вдоль пути (вследствие различия осевых нагрузок, а также поперечной и продольной качки, вливания, галопирования подвижного состава при движении), различное опирание на балласт смежных шпал, а также каждой шпалы в разных ее сечениях. Характер уплотнения балласта существенно зависит от начальной пустотности, зернового состава и формы зерен, от его прочности и других физико – механических свойств. Причем даже после предельного уплотнения балластного слоя осадки рельсо – шпальной решетки могут продолжаться за счет выпирания балласта в шпальные ящики и за торцы шпал [10].

В основу предлагаемой методики определения величин допускаемых напряжений приняты исследования, проведенные во ВНИИЖТе [10, 11]. В результате этих исследований установлено влияние вибрационных процессов в балласте и грунтах основной площадки на их несущую способность и дано обоснование этого явления.

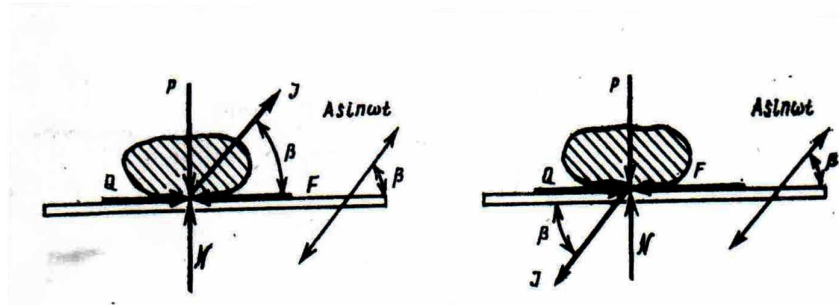


Рис. 1. Схемы возникновения вибрационного перемещения

Отрицательное влияние вибраций на балластный слой заключается в том, что возрастает силовое воздействие на балласт и снижается его устойчивость вследствие увеличивающейся подвижности зерен (вибрационных перемещений). Сущность вибрационных перемещений можно проследить на схеме, изображенной на рис. 1. Тело, лежащее на шероховатой плоской поверхности и находящееся под воздействием вертикальной силы P , сдвигается горизонтальной силой Q . Если поверхность неподвижна, то для перемещения тела необходимо приложить силу, которая по крайней мере должна быть равна силе трения, т.е.

$$Q' \geq fP \quad (1)$$

Если поверхность совершает колебания по закону $A \sin \omega t$ (A – амплитуда), то в первом полупериоде, когда сила инерции направлена вперед вверх, вертикальная реакция будет уменьшаться на величину составляющей силы инерции, а сдвигающая сила увеличивается за счет горизонтальной составляющей. Вследствие этого сопротивление тела продольному смещению при соответствующих параметрах колебаний может значительно уменьшиться, и для его сдвижки потребуется сила Q'' гораздо меньше той, которая была необходима при отсутствии колебаний. Из условия равновесия получим:

$$Q'' \geq fP - (fI_{\max} \sin \beta + I_{\max} \cos \beta), \quad (2)$$

где I_{\max} – максимальное значение силы инерции.

При определенных параметрах вибраций сила Q'' может оказаться очень малой по сравнению с силой Q' .

Во втором полупериоде колебаний сила инерции будет увеличивать нормальную реакцию, а горизонтальная ее составляющая препятствовать

перемещению тела вправо. Это потребует увеличения силы Q по сравнению с ее значением для неподвижной поверхности:

$$Q'' \geq fP + (fI_{\max} \sin \beta + I_{\max} \cos \beta). \quad (3)$$

В целом же в течение одного периода сопротивление тела смещению может резко уменьшиться.

Таким образом, уменьшение силы Q , необходимой для сдвижки тела, при наличии вибраций объясняется не снижением коэффициента трения f , а действием дополнительных сил, которые облегчают относительное перемещение тел. В связи с этим введено понятие эффективного (кажущегося) коэффициента трения при вибрациях, который меньше физического (истинного).

Вибрационные перемещения в балластном слое в пути с рельсошпальной конструкцией оцениваются одни из их параметров – ускорением, которое изменяется по знаку. В частности, вертикальные ускорения имеют направления вверх и вниз. При направлении вниз они характеризуют динамические силы, действующие на частицы щебня в этом направлении. Увеличение сил, направленных вниз, способствует расклинивающему действию щебенки и повышению активного давления под подошвой шпалы.

Очень важным является существование значительной разницы в ускорениях, направленных вниз, под шпалой и в междушпальном ящике. Ускорения под шпалой в 2,5–5,8 раза больше, чем в междушпальном ящике. Такая разница свидетельствует о наличии значительного градиента динамических сил в балласте вдоль пути, который увеличивается при неровностях на рельсе.

При увеличении давления на балласт возрастает сила, стремящаяся выдавить частицы щебня из-под шпалы. Чтобы воспрепятствовать этому, нужно увеличить силу сопротивления, которая во многом определяется вертикальными силами, действующими в междушпальном ящике. Но динамическая сила под

шпалой в несколько раз больше, чем в шпальном ящике. Поэтому выдавливающие силы увеличиваются больше, чем силы сопротивления. Это объясняет ускорение процесса выжимания частиц балласта в сторону междушпального ящика и откоса балластной призмы при возрастании неровностей на пути, а также при увеличении осевых нагрузок. Динамические силы, направленные вниз, способствуют, кроме того, проникновению частиц щебня в песчаную подушку.

Вертикальные ускорения, направленные вверх, соответствуют динамическим силам, действующим в том же направлении. Эти силы вызываются упругим реактивным отпором грунта и балласта. Они уменьшают нажатие частиц щебня друг на друга. Поэтому для смещения частиц в горизонтальном направлении требуется меньшее усилие, чем при отсутствии вибрации.

Горизонтальные динамические силы, вызывающие соответствующие горизонтальные ускорения, подобным же образом облегчают условия перемещения частиц в вертикальном направлении под действием вертикальных сил.

Исследованиями Варызгина Е.С. [8] установлено, что амплитудные значения вибрационных ускорений в балласте и на основной площадке земляного полотна зависят от скоростей движения подвижного состава практически линейно. Поскольку значения допускаемых напряжений для условий магистральных дорог приняты для скоростей движения пассажирских поездов до 140 км/ч и грузовых до 100 км/ч, следует ожидать, что при скоростях движения, которые соответствуют скоростям, реализуемым на путях необщего пользования (до 15 км/ч для путей металлургического производства и до 40 км/ч для

путей горнодобывающих предприятий) и осевых нагрузках до 210 кН, величина допускаемых напряжений в щебеночном балласте должна составлять не менее 0,7 мПа при скоростях движения до 15 км/ч и 0,6 мПа при скоростях движения до 40 км/ч при щебеночном балласте.

При скоростях движения равных нулю, т.е. полном отсутствии вибрационных воздействий, допускаемые напряжения на балласте и на основной площадке земляного полотна должны быть, по-видимому, близки к допускаемым по условию контактной прочности материала [8].

Однако, обращаясь на путях необщего пользования подвижной состав, отличается значительно более высоким уровнем осевых нагрузок. Кроме того, на путях необщего пользования широко применяется балласт из шлака, щебня из слабых горных пород, вплоть до использования, в отдельных случаях, вскрышных пород горнодобывающего производства. Влияние всех этих параметров нужно, безусловно, учитывать.

С учетом изложенных выше положений, установленных экспериментально зависимостей виброускорений в балласте и на основной площадке земляного полотна от скоростей движения и от величины осевых нагрузок [4], предлагается следующие значения допускаемых напряжений для условий путей необщего пользования, которые учитывают уровень вибрационных ускорений и, следовательно, материал балласта и род грунта основной площадки, уровень осевых нагрузок и конструктивные особенности пути (табл. 3).

Таблица 3

Рекомендуемые значения допускаемых сжимающих напряжений, мПа

Параметр	Значения параметров при осевой нагрузке, кН									
	≤ 265			> 265 - 294			> 295-450		>450	
	Скорости движения, км/ч									
	<10	10-25	25-40	>40	<10	10-25	25-40	<10	10-25	<10
- на основной площадке земляного полотна	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06
- в балласте:										
- щебень высокой прочности	0,7	0,65	0,60	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,38
- щебень средней прочности	0,58	0,54	0,50	0,46	0,50	0,47	0,42	0,42	0,38	0,32
- щебень слабой прочности	0,52	0,50	0,47	0,42	0,45	0,43	0,36	0,32	0,29	0,27
- шлаковый балласт	0,56	0,53	0,5	0,47	0,48	0,44	0,40	0,36	0,32	0,30
- гравий	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20
- гравийно – песчаный	0,34	0,32	0,30	0,27	0,25	0,23	0,23	0,20	0,18	0,18

Выводы по исследованию

Предложена методика определения допускаемых напряжений в балласте и на основной площадке земляного полотна для путей необщего пользования, которая основана на необходимости учета вибрационных процессов, происходящих в этих элементах пути в специфических условиях эксплуатации. Получены значения допускаемых напряжений в элементах рельсошпальной основы с учетом уровня осевых нагрузок и скоростей движения специального и специализированного подвижного состава для различных балластных материалов.

Список использованных источников

1. СНиП: 32.01.95 Строительные нормы и правила: Железные дороги колеи 1520 мм.- М.: Стройиздат, 1987.-72с.
2. Правила розрахунків залізничної колії на міцність в стійкість [Текст]: Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін.-К.: Транспорт України.-2006.-168 с.
3. СНиП: 2.05.07.- 91*: Строительные нормы и правила: Промышленный транспорт / ЦИТП Минстроя России 1996.- 86 с.
4. Бугаец Н.В. Экспериментальные исследования виброускорений основной площадки земляного полотна в условиях промышленного транспорта [Текст] / Н.В. Бугаец // Сб. научных трудов, SWorld (РИНЦ SCIENCE INDEX). – Том № 3. – 2013. – С. 77–81.
5. Вибрации грунта земляного полотна [Текст] / Г.Г. Коншин, А.П. Шмаков // Путь и путевое хозяйство. – 2011.- № 11. –С. 31-34.
6. Улучшение виброзащитных свойств пути с железобетонными шпалами [Текст] / В.Ф. Барабошин, В.С. Лысюк // Вестник ВНИИЖТ. – 1980.- № 1. – С. 48 - 51.
7. ДСТУ Б В 2.7-204:2009 Щебень из природного камня для балластного слоя железнодорожного пути. Технические условия. [Текст].- Введ. 12.12.2009 - Мінрегіонбуд України, 2010. – 12 с.
8. Содержание балластной призмы железнодорожного пути [Текст] / под. ред. Е.С. Варызгина.- М. : Транспорт, 1978.- 142с.
9. Общий курс промышленного транспорта [Текст]: учебн. пособие / В.К. Губенко, В.Э. Парунакян. – М., 1994.- 200 с.
10. Альбрехт В.Г. Современные конструкции верхнего строения железнодорожного пути [Текст]: учебник / В. Г. Альбрехт, А.Ф. Золотарский.- М.: Транспорт, 1975.- 280 с.
11. Холодецкий А.А. Об износе железнодорожных рельсов в зависимости от напряжений, появляющихся в них при действии подвижной нагрузки [Текст] / А.А. Холодецкий. // Инженер. – 1888.- № 6. –С. 224-235.

БУГАЄЦЬ Н.В. ДОПУСКАЄМІ НАПРУЖЕННЯ В РЕЙКОШПАЛЬНІЙ ОСНОВІ КОЛІЙ НЕЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ. Наведені теоретичні основи визначення допускаємих стискаючих напружень в баласті і на основній площадці земляного полотна в специфічних умовах експлуатації колій незагального користування України. Отримано значення таких напружень з урахуванням величини осьових навантажень, швидкостей руху, матеріалу баласту.

Ключові слова: баластний шар, основна площадка земляного полотна, колії незагального користування.

BUGAEC N.V. ASSUMED TENSIONS IN OF THE RAIL AND SLEEPER SUBSTRUCTURE OF WAYS OF THE NO COMMON USE. The theoretical bases of determination of the assumed squeezing tensions in a ballast and on the basic ground of earthen linen for the external environments of industrial railways are resulted. The analysis of descriptions of basic ballast materials which are used in such terms is done. The principal reason of decline of bearing strength of friable materials during work on the way is set. On the basis of theoretical calculations and results of experimental works on the ways of mining and processing plant complex the numeral values of such tensions taking into account the size of the axial loading are got, rates of movement, type of ballast materials.

Key words: ballast layer, basic ground of earthen linen, way of the no common use.

Рецензент д.т.н., професор Даренский А.Н. (УкрГАЗТ)

Поступила 09.09.2014г.