

По данным таблицы 1 видно, что численными методами получена формула (14), дающая удовлетворительные результаты. Следовательно, эта методика будет пригодна и для получения t_M , сравнивать значения которого пока не с чем, так как поиск грубых ошибок в измерениях при многокритериальной оптимизации рассматривается здесь впервые. Забегая вперед, отметим, что численным методом получено при $P_D = 0,99$

$$t_M = 1,5(n_{cp}^2 - 8n_{cp}^2 + 17), \quad (15)$$

где n_{cp} – среднее значение показателя степени для всех измерений. Числовые значения t_M при $n = n_{cp}$ приведены в таблице 1.

Рассмотрим численный метод поиска квантилей t_0 и t_M . В программе для ЭВМ использовалась следующая формула для вычисления квантилей:

$$t_i = \frac{V_i}{\sqrt{|K_V|_{ii}}}. \quad (16)$$

Методика определения t_i заключалась в следующем:

- 1) геодезическая сеть уравнивалась при одном для всех измерений n ;
- 2) вычислялись уравненные измерения $T_{ур} = T_{изм} + v$;
- 3) в измерение между определяемыми пунктами вводилась ошибка $T^{(i)} = T_{ур}^{(i)} + K\sigma$, где i – номер измерений, K – коэффициент, а σ – стандарт измерения;
- 4) сеть заново уравнивалась и для i -того измерения применялась формула (16), причем v_i была для этого измерения, как правило, наибольшей.

Для проверки формул (14) и (15) рассматривались и другие примеры. При этом мы определяем величину коэффициента K в приращении $\Delta T = K\sigma$ под условием, чтобы $t_0 = 2,5$ при $n = 2,0$.

Так, в симметричной центральной четырехугольной системе при длинах сторон 50 м были получены следующие квантили:

- 1- Триангуляция $\sigma_B = 10,0''$; $K_B = 3,6$; $n = 1,6$; $t_0 = 2,61$; $t_M = 6,22$; $n = 4,0$; $t_0 = 1,85$; квантиль не найден.
- 2- Трилатерация $\sigma_S = 0,01$ м; $K_S = 8,5$; $n = 1,6$; $t_0 = 2,70$; $t_M = 6,62$; $n = 4,0$; $t_0 = 1,64$; $t_M = 4,67$.
- 3- Линейно-угловая $\sigma_B = 10,0''$; $\sigma_S = 0,01$ м; $K_B = 3,4$; $n = 1,6$; $t_0 = 2,59$; $t_M = 4,34$; $n = 4,0$; $t_0 = 1,69$; $t_M = 1,31$.
- 4- Линейно-угловая $\sigma_B = 10,0''$; $\sigma_S = 0,01$ м; $K_S = 2,78$; $n = 1,6$; $t_0 = 2,36$; $t_M = 5,64$; $n = 3,0$; $t_0 = 2,38$; $t_M = 2,43$; $n = 4,0$; квантили не найдены, т.к. $t_{i \max}$ не попадает на искаженное измерение.

УДК 656.225.005

ПРОБЛЕМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУТИ НА ПОДХОДАХ К ИСКУССТВЕННЫМ СООРУЖЕНИЯМ

Г. Н. ТАЛАВИРА

Киевский университет экономики и технологий транспорта

Из практики эксплуатации мостов известно, что на рельсовом пути перед устоем моста очень часто можно наблюдать довольно значительную локальную неровность, так называемую “предмостовую яму”. В результате анализа результатов обследований 62 мостов, проведенных в разное время лабораторией динамики мостов ДИИТа, установлена вероятность появления “предмостовой ямы”, которая равна 0,8.

При исследовании взаимодействия опытного поезда с многопролетным однопутным мостом установлено, что наиболее неблагоприятную форму траектория движения вагона имеет в зонах крайних пролетных строений и в сопряжениях моста с насыпью, что объясняется не только отсутствием строительного подъема на этих пролетных строениях, но также и наличием местной просадки основания пути в зоне устоев на подходах к мосту. У одного устоя глубина “ямы” до 1 см (уклон геометрической неровности $L_T \approx 2\text{‰}$), у другого 5 см при длине “ямы” около 20 м.

На подходах к мостам с ездой на балласте также довольно часто имеют место специфические неровности в вертикальной плоскости, которые оказывают существенное влияние на характер движения экипажа на искусственном сооружении. Так, при скорости 115 км/ч сразу после выхода из предмостовой неровности на сталежелезобетонное пролетное строение длиной 33,6 м с ездой на балласте вертикальные силы от обрессоренной части экипажа на ось увеличиваются в 1,6 раза, деформация пружинных комплектов – в 3,6 раза по сравнению с аналогичными величинами, зафиксированными при движении вагона до “ям”. При той же скорости движения по аналогичному мосту, не имеющему предмостовых неровностей, перечисленных выше, величины оказываются меньше соответственно в 1,3 и 2,8 раза. При этом отмечается, что при скорости свыше 80 км/ч значение коэффициента устойчивости против вползания гребня колеса на рельс принимает опасные значения. Таким образом, даже на подходах к малым мостам, где балластная призма применяется для большей однородности пути, сохраняется проблема стыкования земляного полотна и искусственного сооружения. Однако она становится значительно серьезнее в местах примыкания к большим мостам и тоннелям, где применение безбалластного пути приобретает всё большие масштабы.

Обращает внимание значительное увеличение максимально вероятных динамических уклонов на участке с железобетонными шпалами, непосредственно примыкающем к безбалластному пути, что нехарактерно для пути на железобетонных шпалах и свидетельствует о существенной неравномерности пути в этой зоне. Сравнительно большие максимально вероятные уклоны на пути с деревянными шпалами обусловлены известной большей неоднородностью такого пути по сравнению с железобетонными шпалами. Необходимо также отметить, что после пропуска тоннажа, равного 3-4 млн т брутто, динамические уклоны в месте примыкания к безбалластному пути достигли 2,36 ‰.

В результате анализа экспериментальных данных можно сделать вывод, что верхнее строение пути на подходах к искусственным сооружениям работает в сложных условиях, которые вызваны следующими причинами:

1 Сразу после капитального ремонта жесткость пути на подходах к искусственным сооружениям и на самом сооружении различна. Это вызывает различные упругие деформации пути под нагрузкой, особенно в начальной стадии эксплуатации пути после ремонта, когда значения модуля упругости подрельсового основания на подходе невелики: его нижняя граница после снятия ограничения скорости может оказаться менее 3,0 МПа. В динамическом профиле пути образуется ступень и усиливается динамическое воздействие подвижного состава на путь.

2 Безбалластный путь на искусственном сооружении практически не накапливает остаточных деформаций, в то время как на подходах в пути имеют место остаточные деформации балластной призмы и земляного полотна вследствие измельчения и уплотнения щебня и грунта. В результате накопления общих остаточных деформаций образуется геометрическая неровность. Положение усугубляется повышенной загрязненностью щебня в рассматриваемой зоне из-за невозможности его механизированной очистки в непосредственной близости от искусственного сооружения.

Как известно, несвоевременное устранение неисправностей пути влечет за собой увеличение скорости их накопления за счёт ухудшения динамики взаимодействия пути и подвижного состава. В то же время меры текущего содержания пути не могут остановить общий процесс накопления остаточных деформаций, они его лишь замедляют и выравнивают, ликвидируя местные отступления в профиле пути. Поэтому при отсутствии остаточных деформаций на безбалластном пути образование люфтов вблизи него неизбежно.

3 С появлением люфтов процесс накопления остаточных деформаций ускоряется по двум причинам:

- динамический профиль пути становится ещё менее плавным, что обуславливает большие усилия при динамическом взаимодействии экипажа и пути;

- при движении колеса шпалы, непосредственно примыкающие к безбалластному пути, из-за образования динамической и геометрической неровности, помимо вертикального перемещения, будут подвергаться также и повороту относительно своей продольной оси, вследствие чего перегружаются зоны по периметру шпалы, возрастают напряжения в балласте, что приводит к его коврообразному, ускоряется процесс выпирания балласта в сторону междушпальных ящиков, вдавливание щебня в песчаную подушку.

4 Участки примыкания пути к мостам с безбалластной конструкцией мостового полотна находятся в ещё менее благоприятных условиях из-за деформаций пролётных строений. В результате

этого в зонах сопряжения пролётных строений с устоями образуются местные переломы профиля пути, которые вызывают дополнительные напряжения в рельсах, а также способствуют возникновению люфтов под шпалами.

5 С появлением люфтов изменяется влажностный режим земляного полотна и балласта, особенно в весенний период. Зимой пустоты под шпалами заполнены льдом, оттаивание которого приводит к обводнению балласта и земляного полотна. Это может приводить к "выплескам", повышающим расстройство пути, а повышение влажности земляного полотна – к повышенным остаточным деформациям в зоне основной площадки. Следствием этого, по-видимому, является образование "предмостовой ямы", которая, в свою очередь, приводит к повышению влажности земляного полотна и росту остаточных деформаций в зоне основной площадки.

УДК 625.032.3:531.66

К ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ КОНТАКТНОЙ УСТАЛОСТИ РЕЛЬСОВ

С. Б. ТЕОДОРОВИЧ, А. С. ИВАНОВ

Сибирский государственный индустриальный университет

Одна из серьезных проблем, связанных с повышением скоростей движения поездов до 140–160 км/ч и более, состоит в возрастании выхода из строя рельсов по причине контактно-усталостных повреждений. Эта опасность не снимается, по-нашему мнению, и в случае идеальной геометрии поверхностей катания вследствие проявления интерференционных волновых эффектов, инициируемых при больших скоростях квазиударным силовым воздействием колеса.

Для оценки данной ситуации нами проводились экспериментальные исследования вибрационных процессов, развивающихся в поперечном сечении рельса Р65, как в модельном варианте с применением метода фотоупругости, так и на опытных рельсах путём имитации высокоскоростного качения колеса. Последний вариант способствовал максимальному выделению рассматриваемого явления из других динамических эффектов, при условии удовлетворения соответствующему критерию подобия. Результаты опытов подтверждают существенный рост вклада циклирования напряжений с частотами порядка 10 кГц для указанных скоростных режимов в ряде опасных зон по сечению рельса, в том числе в приконтактной зоне головки. Предлагается способ динамических испытаний, который позволит оценивать сопротивляемость рельсовой стали контактной усталости в условиях реальной активности высокочастотного вибрационного процесса.

УДК [624.139:624.133].002.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРУШЕНИЯ СМЁРЗШИХСЯ ГРУНТОВ

К. И. ТОМБЕРГ, О. К. КЛЕЩЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Резервом рационального использования трудовых и материально-технических ресурсов, которыми располагают транспортные строительные организации Республики Беларусь, является сокращение сезонности выполнения работ. Применительно к земляным работам границей перехода от летних производственных условий к зимним принимают температуру наружного воздуха, равную 0 °С. Нулевая изотерма проникает в грунты выемок и котлованов на максимальную глубину от 0,35 до 1,55 м.

Временное сопротивление смёрзшихся грунтов одноосному сжатию может в несколько раз превышать прочность чистого льда, достигая, например, 3–14 МПа при температуре грунтов минус 5 °С. Соотношение пределов прочности мёрзлых грунтов на сжатие (σ_c), растяжение (σ_p) и сдвиг (τ) составляет 1:(0,2–0,3):(0,3–0,4). Кроме того, для мёрзлых песчаных грунтов $\tau/\sigma_p \approx 2$, а для