

ПРОДОЛЬНЫЕ СИЛЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПУТИ ВПЕРЕДИ ТОРМОЗЯЩЕГО ПОЕЗДА

У статті розглянуті результати експерименту по визначенню додаткових поздовжніх сил, що виникають у колії перед гальмуючим потягом.

В статье рассмотрены результаты эксперимента по определению дополнительных продольных сил, возникающих в пути впереди тормозящего поезда.

The results of experiment on definition of the additional longitudinal forces arising in a railway ahead of a braking train are considered in the article.

Широкое внедрение бесстыкового пути требует исследования продольных сил, возникающих в пути при движении и торможении поезда совместно с температурными силами. Изучение продольных сил необходимо для грамотного проектирования и обоснования нормальной работы бесстыкового пути на перегоне и на станциях.

Температурные силы в бесстыковом пути изучены в достаточной мере, а по вопросу формирования дополнительных продольных сил, возникающих в пути впереди тормозящего поезда нет пока определенной ясности. Теоретически невозможно проанализировать возникновение продольных сил в пути впереди тормозящего поезда из-за отсутствия полных исследований модуля упругости рельсошпальной решетки в горизонтальной плоскости. С точки зрения устойчивости наиболее опасным будет сечение пути, расположенное впереди тормозящего поезда, очевидно, что возникающие при этом суммарные продольные силы (температурные и тормозные) не должны превышать предельно допустимые по условию устойчивости пути.

По данным Б. Л. Каравацкого сила угона пути от трения торможения, возникающая при проходе восьмиосных вагонов по длине одного звена $l_{зв} = 12,5$ м при скоростях движения от 10 до 80 км/ч изменяется соответственно от 33,4 до 13,7 кН.

Исследованиями, проведенными А. Я. Коганом установлено, что для предотвращения угона под проходящим по пути поездом необходимо обеспечить погонное сопротивление продольному перемещению не менее 3,86 кН/м по одной рельсовой нитке. Величина дополнительной продольной силы, возникающей впереди тормозящего состава, в значительной мере зависит от погонного сопротивления, с увеличением которого указанная сила уменьшается.

Если путь на костыльном скреплении недостаточно закреплен от угона, то в рельсах могут возникать значительные продольные силы, что при определенных условиях может привести к нарушению устойчивости рельсошпальной решетки.

Наличие достаточно мощных промежуточных скреплений исключает появление угона, поэтому в таком пути менее вероятно появление значительных дополнительных сил от тормозящего состава.

Для исследования вопроса о величине дополнительной продольной силы, возникающей в пути впереди тормозящего поезда и под ним, а также о величине перемещений рельсовых плетей при экстренном торможении был подготовлен и проведен эксперимент на бесстыковом пути с костыльным скреплением.

Эксперимент по определению дополнительных продольных сил, возникающих в рельсах при костыльном скреплении впереди тормозящего поезда, проводился на одном из станционных путей подгорочного парка станции Московка. Характеристика пути: рельсы типа Р50 с износом до 3 мм, шпалы деревянные, балласт песчаный. Рельсовые плети длиной 700 м закреплены пружинными противоугонами. Концы плетей на протяжении 90 м закреплены противоугонами «в замок» на каждой шпале. В середине рельсовых плетей установлено по 7–9 пар противоугонов на «условное» звено длиной 12,5 м. На опытном пути осенью проводилась выправка продольного профиля с подъемкой до 20 см. Перед проведением эксперимента путь был подвергнут частичной выправке.

Продольные перемещения и напряжения определялись в сечениях бесстыкового пути, через 20 м по одной рельсовой нитке на протяжении 240 м и, с помощью 4 осциллографов, записывались. Продольные перемещения измерялись специальными прогибомерами конст-

рукции путеиспытательной лаборатории НИИЖТа, дающих точность измерения 0,02–0,03 мм. Дополнительные силы, возникающие в рельсах от тормозящего поезда, определялись тензодатчиками сопротивлений (с точностью до 5 кН), которые наклеивались в каждом сечении по нейтральной оси рельса. На протяжении опытного участка, по обеим рельсовым нитям, для наблюдения за остаточными деформациями угона при интенсивном торможении, были разбиты створы.

Для проведения эксперимента был сформирован опытный состав из 19 груженных тщательно взвешенных восьмиосных вагонов. Вес опытного состава с локомотивом ТЭ2 составлял 3230 т при длине 385 м. Проход колес подвижного состава фиксировался всплесками на записи напряжений и перемещений рельсовой плети. Осциллографы включались при приближении состава на расстояние 150–250 м от опытных сечений. Записи осциллографами производились до полной остановки поезда. Заезды опытного состава осуществлялись со скоростями 35–50 км/ч с последующим экстренным торможением до полной остановки над опытными сечениями. Кроме этого 6 записей было произведено при проходе опытного состава без торможения.

Средняя величина продольной силы по результатам 10 заездов составляла 19 кН. При этом продольные силы от тормозящего опытного состава возникали в рельсах за 20–100 м до подхода поезда.

Второй комплекс эксперимента проводился после подкрепления противоугонов на рельсовых плетях. В результате этого погонное сопротивление значительно увеличилось и оказалось порядка 5–6 кН/м по одной рельсовой нити. При этом наблюдалось резкое снижение напряжений и перемещений. Так, например, средняя зафиксированная величина продольной силы по результатам 10 заездов после подкрепления противоугонов снизилась почти вдвое и составила 10,4 кН. Уменьшение вдвое веса опытного состава изменений продольных сил от тормозящего поезда не вызвало. При последующих заездах опытного состава с экстренным торможением наблюдалось постепенное увеличение перемещений и продольной силы. Так, например, средняя величина продольной силы от тормозящего поезда по результатам 15 последующих заездов достигала уже 15,4 кН. Причем, с увеличением числа заездов продольная сила увеличивалась и среднее по последним 5 заездам превышает уже 20 кН.

Увеличение дополнительной продольной силы происходит за счет расшатывания рельсошпальной решетки и соответственно уменьшения погонного сопротивления при торможении опытного состава до полной остановки на бесстыковом пути с последующим осаживанием опытного состава на горку для осуществления очередного заезда. Возвращенная назад рельсошпальная решетка при торможении в последующих заездах продвигается вперед, в результате чего происходит некоторое смещение противоугона по подошве рельса. Причем, с каждым последующим заездом амплитуда перемещений рельсошпальной решетки увеличивается, вызывая вместе с этим увеличение продольной силы впереди тормозящего опытного состава. Особенно ярко это проявляется в середине рельсовых плетей, где закрепление противоугонами произведено только от угона.

При проходе каждой тележки восьмиосных вагонов рельсошпальная решетка перемещается примерно на 0,1–0,15 мм. В момент остановки опытного состава происходит упругое перемещение рельсошпальной решетки в сторону, обратную движения поездов на величину 0,1–0,2 мм. Величина перемещений опытных сечений рельсовой плети удовлетворительно согласуется с продольными силами, возникающими в этих сечениях от тормозящего поезда, которые, как правило, увеличиваются по мере удаления от конца рельсовой плети. Как показали замеры, перемещения рельсовых плетей относительно створов от тормозящего поезда уменьшались по мере приближения к концу плети. Перемещений конца рельсовой плети в нижней части подгорочного парка относительно створа не наблюдалось.

Обработка данных 35 заездов опытного состава показала, что средняя арифметическая величина продольной силы от тормозящего поезда весом 3280 т равна 14 кН. Экстремальные значения величины продольной силы угона имеют нормальное распределение. Принимая вероятность появления продольной силы 99,4 %, получим, что расчетная продольная сила, возникающая в одной рельсовой нити составляет 35 кН, а в пути – 70 кН. В связи с этим при определении критической силы по условию устойчивости бесстыкового пути с костыльным скреплением на станции, необходимо учитывать дополнительную продольную силу от тормозящего поезда.

Продольные силы под поездом в процессе торможения, по мере прохода подвижного состава по опытному сечению, несколько возраст-

тают, но, как правило, в момент остановки опытного состава продольная сила возрастает интенсивнее, достигая в отдельных случаях 60–65 кН по одной рельсовой нитке. Возрастание дополнительной силы в опытных сечениях при остановке происходит по-разному, но в любом случае величина скачка не превышает 5–10 кН.

Дополнительные продольные силы увеличиваются по мере удаления от конца кривой плети и наибольшими оказываются в месте перехода закрепления рельсовых плетей от угона к защемлению их с обеих сторон на каждой шпале. Дополнительные продольные силы на конце плети, где в основном, производится остановка поездов, при ослабленных противоугонах не превышают 5 кН, а после подкрепления противоугонов снижаются до 2–4 кН, что, безусловно, можно не принимать во внимание.

ТаШИИТом в 1966 году проводился эксперимент по определению продольных сил впе-

реди тормозящего поезда на станционных путях, в процессе которого в рельсах при костыльном скреплении значительных дополнительных продольных сил также не обнаружено.

На основании проведенного эксперимента можно сделать следующие основные выводы:

- при расчетах устойчивости бесстыкового пути с костыльным скреплением необходимо учитывать дополнительную продольную силу от тормозящего поезда, величина которой для рельсов Р50 составляет 70 кН;
- увеличение погонного сопротивления продольным перемещениям пути вызывает значительное уменьшение продольной силы. Так, при замене костыльного скрепления раздельным марки «К», величина дополнительной продольной силы впереди тормозящего поезда уменьшается с 70 до 10 кН.