

мероприятий следует установить минимально допустимый уровень технического оснащения для нормативной надежности перевозочного процесса. Поэтому любое дальнейшее уменьшение технического оснащения участков и станций должно производиться не только с точки зрения обеспечения пропускной способности элементов участков и станции, но и эксплуатационной надежности выполнения производственных процессов. Для потребного (прогнозного) объема эксплуатационной работы необходимо установить минимально допустимый уровень надежности работы участка, который зависит от вида перевозочной деятельности. Если при заданном уровне надежности техническое оснащение изменить нельзя, то исследуемый участок выпадает из дальнейшего рассмотрения.

Одним из направлений уменьшения эксплуатационных расходов является техническое переоснащение участков путем замены технических устройств на менее энергоемкие, ресурсосберегающие. К таким мероприятиям можно отнести: выключение стрелочных переводов из ЭЦ и перевод их на ручное управление; переход на технически менее мощные средства СЦБ и связи на перегонах; разборка второго главного пути. Проведение подобных мероприятий делать не всегда оправданно, т. к. при достижении экономии эксплуатационных расходов на малодеятельных участках не всегда обеспечивается эксплуатационная надежность перевозочной деятельности, ухудшаются условия выполнения производственной деятельности, усложняются технологические процессы и т. п.

Концепция дальнейшей эксплуатации малодеятельных участков должна опираться на экономическую стратегию развития Белорусской железной дороги, а выбор мероприятий технической и технологической модернизации должен учитывать оптимальный уровень эксплуатационной надежности перевозочного процесса.

УДК 656.212

РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ СДВИГАЮЩИХ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ НА СТАЦИОННЫХ ПУТЯХ

В. И. БОБРОВСКИЙ, Д. Н. КОЗАЧЕНКО

Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта

Подвижной состав железных дорог стран СНГ практически полностью оборудован роликовыми подшипниками и обладает низким сопротивлением движению и троганию с места. В то же время продольный профиль большинства железнодорожных станций запроектирован для условий обращения подвижного состава на подшипниках скольжения. При этом уклоны его отдельных элементов могут достигать 12 ‰. В этих условиях особенно важно предотвратить уход подвижного состава на перегон. Одним из путей решения данной проблемы является внедрение автоматизированных устройств закрепления подвижного состава на станционных путях. Для обеспечения надежного закрепления вагонов должно выполняться условие: $F_{\text{ст}} W_i + W_{\text{в}} + W_{\text{тр}}$, где $F_{\text{ст}}$ — удерживающее усилие, реализуемое стопорным устройством; W_i , $W_{\text{в}}$, $W_{\text{тр}}$ — соответственно, сдвигающие усилия от уклона и от ветровой нагрузки, а также сопротивление состава троганию с места. W_i , $W_{\text{в}}$, $W_{\text{тр}}$ представляют собой случайные величины, зависящие от типа, веса, количества, расположения вагонов в составе, технического состояния вагонов и пути, погодных условий и др. В этой связи необходимо найти расчетные значения указанных величин для параметров закрепляющих устройств, обеспечивающие надежное закрепление подвижного состава при наиболее неблагоприятном сочетании факторов.

Величина сдвигающего усилия от уклона может быть определена из выражения $W_i = w_i \sum q_j$, где w_i — среднее сдвигающее усилие от уклона; $\sum q_j$ — вес состава. При размещении состава на ломаном профиле для определения количества тормозных башмаков в соответствии с «Инструкцией по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Украины» рассчитывается средний уклон: $\bar{i} = \frac{\sum_{j=1}^m i_j s_j}{\sum_{j=1}^m s_j}$, где i_j — уклон j -го элемента профиля с учетом знака, ‰; s_j — длина части состава, расположенной на однородном уклоне, м; m — число элементов профиля, на которых располагается состав. Однако использование среднего уклона для определения максимального

сдвигающего усилия W_i справедливо только для составов с одинаковым весом вагонов. Для составов с различным весом вагонов в условиях ломаного профиля необходимо учитывать их распределение по элементам профиля: $W_i = \sum_{k=1}^n i_k q_k$, где n – число вагонов в составе. Очевидно, что при зна-

копостоянном продольном профиле максимальное значение W_i достигается при наибольших длине состава и весе всех вагонов. Если же состав расположен на знакопеременном профиле, величина W_i достигает максимума, когда на уклонах одинакового знака со средним $\bar{i}$ находятся вагоны максимального веса, а на остальных – минимального веса. Кроме того, при расположении состава на знакопеременном профиле функция $W_i(L)$ может достигать максимума при $L < L_{\max}$ (здесь L – длина состава, м), что необходимо учитывать в алгоритме определения максимального сдвигающего усилия. Анализ влияния типа вагонов на величину W_i показывает, что в составах из цистерн сдвигающие усилия несколько выше, чем в составах из других типов вагонов.

Для определения сдвигающего усилия от ветровой нагрузки может быть использовано выражение $w_s = 17,8 \left(C_{x1} F_1 + \sum_{k=1}^n C_{xxk} F_k \right) v_s^2 / (273 + t^0) \sum_{k=1}^n q_k$, где C_{x1} – коэффициент воздушного сопротивления первого вагона в составе; C_{xxk} – коэффициенты воздушного сопротивления остальных вагонов состава; F_1, F_k – площади поперечного сечения, соответственно, первого и последующих вагонов в составе, м²; v_s – скорость ветра, м/с. Анализ данной зависимости показывает, что сдвигающее усилие от ветра максимально, если состав состоит из полувагонов. Учитывая, что на железнодорожных станциях отсутствуют датчики ветра, а информация о ветровых условиях передается соответствующими подразделениями железных дорог только перед началом опасных явлений, в качестве расчетной скорости ветра может быть принята величина 15 м/с. Наиболее неблагоприятным направлением ветра является угол $\beta = 35^\circ$.

Величина сопротивления состава троганию с места может быть определена из выражения $w_{\text{тр}} = \sum q_k (\bar{w}_{\text{трк}} - t_x \sigma_{\text{трк}})$, где $\bar{w}_{\text{трк}} = 28/(q_0 + 7)$ – среднее удельное сопротивление при трогании с места для вагонов на роликовых подшипниках; $\sigma_{\text{тр}} = 5,8/(q_0 + 1,3)$ – среднее квадратическое отклонение удельного сопротивления при трогании с места; t_x – квантиль порядка x .

При расположении состава на однородном или знакопостоянном профиле расчет необходимо выполнять при наибольшей длине состава и вагонах с наибольшей загрузкой (100 % грузоподъемности).

При расположении вагонов на ломаном профиле вагоны, расположенные на участках с уклоном, противоположным среднему $\bar{i}$, уменьшают сдвигающее усилие от уклона. В то же время эти вагоны воспринимают ветровую нагрузку, которая прямо пропорциональна длине состава. Таким образом, при определении максимального сдвигающего усилия на знакопеременном профиле необходимо найти наиболее неблагоприятную длину состава и загрузку отдельных вагонов. Анализ показывает, что при уклонах менее 6 ‰ сдвигающее усилие от воздействия ветра превосходит сдвигающее усилие от уклона и поэтому в качестве расчетного может быть принят состав максимальной длины. При этом для достижения наибольшего сдвигающего усилия на уклонах, знак которых совпадает со средним $\bar{i}$, должны находиться полногрузные полувагоны (цистерны при $i > 3,65$ ‰), а на уклонах, знак которых противоположен среднему, должны находиться порожние полувагоны. В случае, если имеются элементы продольного профиля со знаком, противоположным среднему, и уклоном более 6 ‰, необходимо дополнительно выполнить вычисления для более коротких составов и выбрать наибольшее из рассчитанных $F_{\text{ст}}$.

Для автоматизации вычислений разработана программа расчета сдвигающих усилий. Исходными данными для расчета являются уклоны и длины элементов профиля. В качестве начальной точки принята точка остановки первого вагона со стороны стопорного устройства. Положительному значению уклона соответствует подъем от стопорного устройства. Расчет может выполняться либо на неблагоприятное, либо на заданное расположение вагонов в составе. Результатами расчета являются сдвигающие усилия, действующие на состав, с разложением по типам сил: сдвигающие усилия от уклона, от ветра и сопротивление троганию с места.

Разработанная методика позволяет определять наибольшие сдвигающие усилия для заданного профиля пути и погодных условий и может быть использована при расчете мощности автоматизированных устройств закрепления подвижного состава на станционных путях, а также для расчета требуемого количества тормозных башмаков для закрепления вагонов в оперативных условиях.

УДК 656.225.071.81

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ И КРЕПЛЕНИЯ ПЯТИ ТРУБ ДИАМЕТРОМ 1420 ММ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПЛАТФОРМЕ

И. А. ВОРОЖУН

Белорусский государственный университет транспорта

Существующие технические условия погрузки и крепления грузов предусматривают размещение и крепление четырех стальных труб диаметром 1420 мм и длиной до 11,8 м в четырехосном полувагоне, а также размещение и крепление трех стальных труб диаметром 1420 мм и длиной до 11,7 м на четырехосной платформе. При этом для перевозки труб используются платформы только с деревянным настилом пола. Крепление труб на платформе осуществляется посредством деревянных брусков, прибиваемых гвоздями к полу, а также растяжек из проволоки. Все реквизиты крепления — одноразового пользования.

При прокладке магистрального нефтепровода из России в Западную Европу через территорию Беларуси протяженностью 450 км для перевозки труб в соответствии с существующими техническими условиями потребуется загрузить примерно 10 тысяч полувагонов или 13,4 тысячи платформ с деревянным настилом пола.

Однако габарит погрузки позволяет разместить на платформе пять труб диаметром 1420 мм. Проведенный анализ существующих устройств для размещения и крепления труб большого диаметра на железнодорожной платформе позволил выбрать схему размещения и крепления пяти труб диаметром 1420 мм с использованием многооборотных реквизитов крепления. В принятой схеме пять труб диаметром 1420 мм размещены на железнодорожной платформе в три яруса, а реквизиты крепления содержат стальные канаты с натяжными устройствами. Нижний ярус труб уложен на опорные балки, закрепленные на раме платформы. Между нижним и средним ярусами труб установлены промежуточные опорные балки, которые посредством стальных канатов с натяжными устройствами прикреплены к раме вагона. Труба верхнего яруса размещена в седловине между трубами среднего яруса и посредством канатов поперечной обвязки с натяжными устройствами прикреплена к раме платформы. От продольного смещения (в направлении движения платформы) трубы всех ярусов удерживаются стальными канатами с натяжными устройствами.

Устройство работает следующим образом. На пол железнодорожной платформы равномерно по ее длине устанавливают две опорные балки с ложементами для труб и закрепляют в стоечных скобах. По торцам платформы устанавливают упоры, оснащенные канатами с захватами и натяжными устройствами. Упоры закрепляют в стоечных скобах, а канаты укладывают вдоль продольной оси платформы. На опорные балки симметрично поперечной оси платформы укладывают две трубы нижнего яруса. Затем устанавливают две промежуточные опорные балки с ложементами для труб, располагая их над нижними опорными балками, и закрепляют посредством стальных канатов с натяжными устройствами. Две трубы среднего яруса укладывают на промежуточные опоры симметрично поперечной оси платформы. Затем трубу верхнего яруса размещают симметрично поперечной оси платформы в седловине между трубами среднего яруса и посредством канатов поперечной обвязки с натяжными устройствами прикрепляют к раме платформы. С торцовых сторон труб устанавливают захваты и посредством стальных канатов с натяжными устройствами трубы скрепляют с платформой в продольном направлении. Разборка осуществляется в обратном порядке.

В процессе транспортировки, а также при выполнении маневровых работ продольные инерционные усилия от труб через захваты передаются посредством канатов, уравнивающих блоков и торцовых упоров на несущие элементы рамы железнодорожной платформы.

Конструкция торцовых упоров допускает крепление уравнивающих блоков в гнездах с установкой дополнительных упругих элементов, что позволит изменять жесткость продольной обвязки и регулировать величину наибольших продольных перемещений труб в процессе соударения вагонов.