

Для расчета максимального количества вагонов из этих условий составим уравнение баланса расхода воздуха

$$Q_k t_{от} + \frac{\Delta p_{гр}}{P_0} V_{гр} = m \left(\frac{\Delta p_{тм}}{P_0} (V_{тм} + V_{зм}) + \frac{\Delta p_{утс}}{P_0} (V_{тм} + V_{зр} + V_{вр}) t_{от} + \frac{\Delta p_{утл}}{P_0 t_{л}} V_{гр} t_{от} + \frac{\Delta p_{зр}}{P_0} V_{зр} \right), \quad (4)$$

где $t_{от}$ – расчетное время отпуска тормозов и подзарядки запасного резервуара до полного зарядного давления; $\Delta p_{тм}$ – величина снижения давления в тормозной магистрали. При полном служебном торможении $\Delta p_{тм} = \Delta p_{пст} = 0,15$ МПа, при экстренном торможении $\Delta p_{тм} = 0,5$ МПа [3]; $V_{зм}$ – объем золотниковой и магистральной частей воздухораспределителя; $\Delta p_{утс}$ – допускаемое снижение давления в тормозной системе вагона в течение 1 мин через неплотности при отсутствии ее питания, $\Delta p_{утс} = 0,02$ МПа [1]; $V_{зр}$ – объем запасного резервуара вагона, $V_{зр} = 78$ л; $V_{вр}$ – общий объем всех камер воздухораспределителя, для воздухораспределителей № 483 $V_{вр} = 12$ л; $\Delta p_{утл}$ – допускаемое снижение давления в питательной магистрали локомотива за время $t_{л} = 6,5$ мин при отключенных регулятором давления компрессорах, $\Delta p_{утл} = 0,05$ МПа [1]; $\Delta p_{зр}$ – величина снижения давления в запасных резервуарах при полном служебном и экстренном торможениях.

Величину $\Delta p_{зр}$ находили из условия изменения давления в запасном резервуаре и тормозном цилиндре по изотермическому закону. При этом расход воздуха на торможение определяли в зависимости от величины среднего давления в тормозных цилиндрах при соответствующем режиме воздухораспределителя и величины среднего значения нормативного выхода штока.

Также учитывали, что при отпуске тормозов после служебного и экстренного торможений компрессор работает непрерывно (продолжительность включения 100 %). После подстановки в уравнение (4) известных данных получили:

- при полном служебном торможении: для состава из груженых вагонов $m = 137$ вагонов; для состава из порожних вагонов $m = 156$ вагонов;
- при экстренном торможении: для состава из груженых вагонов $m = 125$ вагонов; для состава из порожних вагонов $m = 134$ вагонов.

Расчеты максимального количества вагонов выполнены с учетом наиболее неблагоприятных условий ведения поезда (максимальные допускаемые утечки сжатого воздуха из тормозной системы вагонов, из питательной магистрали локомотива, наибольший расход воздуха и т. д.).

Максимальное количество вагонов в поезде ограничено условием восстановления полного давления в запасных резервуарах после полного служебного и экстренного торможений и составляет 125 вагонов для груженого состава и 134 вагона для порожнего состава.

Список литературы

- 1 Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава : утв. 6-7.05.2014. – М. : Совет по ж.-д. трансп. гос-в – участн. Содр-ва, 2014. – 268 с.
- 2 Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава : справ. / В. И. Крылов [и др.]. – М. : Транспорт, 1989. – 487 с.
- 3 **Казаринов, В. М.** Автотормоза / В. М. Казаринов. – М. : Транспорт, 1974. – 240 с.

УДК 629.463.62.002.7

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ГРУЗОВ НА СЦЕПЕ ВАГОНОВ

М. Г. ГЕГЕДЕШ, А. В. ВОРОЖУН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Значительную часть транспортируемых грузов составляют длинномерные, например, металлопрокат и железобетонные изделия. Динамика таких грузов при транспортировке отличается для случаев погрузки на один вагон, сцеп вагонов или сочлененные вагоны. Наибольшие динамические нагрузки возникают при перевозке длинномерных грузов на сцепе вагонов за счет провисания меж-

ду опорными устройствами и возможности смещения осей вагонов друг относительно друга при движении по кривому в плане или профиле пути.

Для удержания подобных грузов от их относительного перемещения в процессе перевозки используют такие специализированные устройства, как фитинговые упоры [1, 2]; упругие, гравитационные и комбинированные турникетно-крепежные устройства (ТКУ) [3, 4], а также иные конструкции, которые необходимо разрабатывать и испытывать на прочность для каждого отдельного вида грузов. Их использование на современных вагонах позволяет увеличить массу перевозимого груза и его длину без увеличения повреждаемости грузов и вагонов в процессе перевозки.

Цель представленной работы – исследование особенностей транспортировки длинномерных грузов на сцепе вагонов, обусловленных их динамическим поведением.

В работе [5] рассмотрены закономерности колебаний длинномерных грузов и установлены оптимальные параметры амортизирующих устройств путем математического моделирования динамической системы «железнодорожная платформа – турникет – длинномерный груз» с учетом динамики столкновения. Защита длинномерного груза осуществляется путем дополнительной подвески. Снижение вертикальных ускорений возможно за счет снижения жесткости рессорной подвески нагруженных тележек. Авторы работы указывают на то, что увеличение жесткости межвагонного соединения приводит к увеличению ускорения и движения турникетного устройства; увеличение нагрузки на турникет увеличивает степень его износа, поскольку сцепка платформы полностью нагружена.

Авторы [6] отмечают, что исследуемый длинномерный груз испытывает продольно-изгибные колебания при его транспортировке с размещением на сцепе из двух вагонов-платформ. На основе аналитического и компьютерного моделирования динамической нагруженности штабеля определена нагруженность платформ сцепа и рассчитаны динамические показатели системы «длинномерный груз – сцеп вагонов», учет которых важен для обеспечения безопасности перевозки и сохранности грузов.

Авторами работы [7] представлены результаты расчетов, полученные в ходе компьютерного моделирования устройства крепления рельсов при их перевозке на сцепе из двух платформ. Моделирование выполнялось с использованием инженерного пакета MSC ADAMS. Отмечено что, отсутствие в рельсах отверстий для болтовых соединений обуславливает сложность их увязки в ярусах. Результаты моделирования показывают, что средства крепления рельсов подвержены значительным деформациям при переходных режимах движения подвижного состава.

Авторы [8] рассматривают моделирование продольной динамики длинных поездов. Одной из целей данной статьи является оценка влияния сил сопротивления на результаты моделирования, т. е. на скорости и силы в поезде, путем сравнения различных законов движения и сопротивления изгибу. В [8] рассматриваются динамическое моделирование продольного движения длинных грузовых поездов, а именно сопротивления движению и изгибу, и системы сцепления. Первый способ, в котором от одного моделирования к другому менялся только обычный закон сопротивления, показал, что моделирование сопротивлений движения может оказать существенное влияние на результаты моделирования с точки зрения как скорости, так и сил в поезде. Поэтому необходимо правильно выбрать закон сопротивления движению, возможно, используя закон, полученный на конкретных рассматриваемых транспортных средствах. Второй способ, в котором использовались три различных закона сопротивления изгибу, не показал существенных различий. Больших расхождений не возникло даже при увеличении длины кривых пути.

В работе [9] авторами представлены особенности транспортировки длинномерных грузов на вагонах сочлененного типа, отличающихся от обычных опиранием секций на одну общую тележку. В таких вагонах шарнирное соединительное устройство является составной несъемной частью несущей конструкции вагона. Оно соединяет две секции вагона и передает нагрузки от их опор на общую тележку. Например, для перевозки крупногабаритных железобетонных конструкций можно использовать 6-осные сочлененные вагоны модели 13-470-01, а также 2-платформенные вагоны модели 13-470. При этом для закрепления длинномерных конструкций применяются турникетно-крепежные устройства. Однако в нормативной литературе не приведена информация об алгоритме выборе места установки турникетных опор, которое позволяет обеспечить одинаковые нагрузки на тележки.

Таким образом, анализ имеющихся исследований демонстрирует недостаточную изученность явлений, связанных с динамическим взаимодействием длинномерного груза со сцепом вагонов. Кроме того, проблемы, связанные с вертикальными колебаниями таких грузов, не нашли отражения в нормативных документах, регламентирующих их транспортировку. Развитие теории транспортировки длинномерных грузов требует создания новых математических и компьютерных моделей, учитывающих перемещение таких грузов относительно вагонов при переходных режимах движения.

Список литературы

- 1 **Васильев, С. М.** Совершенствование подвижных турникетно-крепежных устройств с целью установки на современные типы грузовых вагонов / С. М. Васильев, А. А. Железняков, Л. П. Целковикова // *Механика. Исследования и инновации.* – 2019. – Вып. 12. – С. 29–34.
- 2 **Петрачков, С. А.** Компьютерное моделирование длинномерных грузов на сцепе из двух платформ / С. А. Петрачков, М. Г. Гегедеш // *Вестник БелГУТа: Наука и транспорт.* – 2022. – № 2(45). – С. 117–120.
- 3 **Васильев, С. М.** Математическое моделирование динамических воздействий на длинномерные грузы и опорные вагоны / С. М. Васильев // *Вестник БелГУТа: Наука и транспорт.* – 2006. – № 1–2 (12–13). – С. 30–36.
- 4 Research of the operation of the turnstile support-fastening device during the transportation of a long-dimensional heavy load / J. Musayev [et al.] // *Vibroengineering Procedia.* – 2023. – Vol. 49. – P. 80–85.
- 5 The influence of resistant force equations and coupling system on long train dynamics simulations / N. Bosso [et al.] // *Journal of Rail and Rapid Transit.* – Vol. 236 (1). – P. 35–47.
- 6 **Шатунов, О. В.** Динаміка зчепу вагонів-платформ під час перевезення довгомірного вантажу / О. В. Шатунов, А. О. Швець // *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту.* – 2020. – № 4 (88). – С. 114–131.
- 7 **Мозгрин, С. В.** Эффективность организации перевозок длинномерных грузов на фитинговых платформах с различной длиной погрузочных площадок / С. В. Мозгрин, Г. Е. Писаревский // *Вестник ВНИИЖТ.* – 2019. – Т. 78 (4). – С. 203–209.
- 8 Mathematical and computer models in estimation of dynamic processes of vehicles / A. Assemkhanuly [et al.] // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology.* – 2019. – Vol. 97, no 10. – P. 2803–2820.
- 9 **Чаганова, О. С.** Особенности крепления грузов на сочленённых вагонах-платформах / О. С. Чаганова, Т. И. Быстренкова, Е. В. Меньшова // *Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель 26–27 ноября, 2020 г.) : в 5 ч. Ч. 5 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко.* – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 143–145.

УДК 629.4.03:621.311

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАСХОД ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ЗА ПОЕЗДКУ

А. П. ДЕДИНКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В структуре расходов Белорусской железной дороги доля затрат на энергоресурсы для тяги поездов составляет примерно 16 %. С целью планирования, учета, контроля, а также рационального использования энергоресурсов на тягу поездов важно обеспечить эффективный механизм прогнозирования их расхода. Расчет задания по расходу энергоресурсов на поездку необходим для оценки качества работы локомотивной бригады, а также теплотехнического состояния тягового подвижного состава. Наличие эффективного механизма расчета позволяет реализовывать мероприятия по стимулированию рационального потребления энергоресурсов на тягу поездов среди работников локомотивного хозяйства, а также избегать их перерасхода путем своевременного доведения локомотива или дизель(электро)-поезда до надлежащего теплотехнического состояния. Спецификой данной задачи является то, что, определить некоторые факторы, оказывающие существенное влияние на расход энергоресурсов за поездку, возможно только после непосредственного ее совершения.

К группе эксплуатационных факторов, оказывающих постоянное влияние на расход энергоресурсов за поездку, относят среднее значение коэффициента полезного действия локомотива или дизель(электро)-поезда, его техническое состояние и т. д. К группе переменных факторов относят такие показатели, как перевозочная работа, масса состава, пробег, участковая и техническая скорости движения, осевая нагрузка, время и число стоянок, число осей, количество предупреждений об ограничении скорости движения, величина нагона и т. д. Использование статистических методов оценки влияния эксплуатационных факторов на расход энергоресурсов за поездку предполагает их тщательный предварительный анализ, а также оценку взаимного влияния. Исключение из исследования факторов, имеющих между собой существенную степень влияния, позволяет более точно оценить воздействие остающихся факторов на расход энергоресурсов за поездку.