

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВАГОНОВ С ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКОЙ НА ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Е.А. МОНАСТЫРЕВ,

директор Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии Федерального агентства железнодорожного транспорта»

ЭКСПЛУАТИРУЕМЫЕ на сети железных дорог ОАО «РЖД» мостовые сооружения отличаются большим разнообразием типов и конструкций различных расчетных норм проектирования, начиная с конца XIX века. Условием пропуска по ним поездных нагрузок является достаточная грузоподъемность их несущих конструкций (пролетных строений, опор), которая в значительной степени определяется величиной нагрузки, под которую мосты проектировались.

Грузоподъемность по прочности пролетных строений, спроектированных по нормам XX века, не имеющих повреждений, влияющих на несущую способность и с нормативной толщиной балласта, достаточна для пропуска грузовых вагонов с нагрузкой на ось 27 тс и погонной 9 тс/м пути. Грузоподъемность пролетных строений, спроектированных по нормам 1896 г., недостаточна для пропуска грузовых вагонов с такой нагрузкой (это около 0,5% всех мостов на сети). С точки зрения усталостной прочности (или выносливости) недостаточную грузоподъемность для пропуска вагонов с нагрузкой на ось 27 тс могут иметь пролетные строения постройки конца XIX века – первой половины XX века, спроектированные под нагрузку Н7 и ниже, а также имею-



Распределение количества пролетных строений по расчетным нормам проектирования



Место расположения	Схема моста, м	Нормы проектирования	Год постройки	Общий вид моста
1201 км ПК1	10,9+3×27+10,9	1925 г.	1937	
1201 км ПК6	1×33,6	Н8	1952	
1311 км ПК3	1×46,3	1925 г.	1937	
1420 км ПК5	3×4,4	С14	1972	

Мосты на линии Ковдор – Мурманск

ставляют соответственно 79,4 и 45 МПа.

Наиболее тяжелые из обращавшихся за период эксплуатации мостов грузовые поезда с погонной нагрузкой 7,2 тс/м вызывали в элементах пролетных строений и, в первую очередь в раскосах, напряжения, незначительно превосходившие предел выносливости соединений с односрезными заклепками. Введение в обращение более тяжелых поездных грузовиков приведет к существенному увеличению напряжений, в том числе выше предела выносливости, во многих элементах. Это ускорит накопление усталостных повреждений как в раскосах, так и в поясах главных ферм.

Пролетные строения, спроектированные под нагрузку Н7 и ниже и имеющие конструктивные недостатки, а также цельносварные пролетные строения, имеют ограниченный усталостный ресурс. Введение в обращение вагонов с нагрузкой на ось 27 тс и более будет способствовать ускоренному накоплению усталостных повреждений и, в перспективе, приведет к появлению трещин в зонах концентрации напряжений. Решение о возможности пропуска грузовых вагонов с погонной нагрузкой 9,0 тс/м по таким пролетным строениям, а также по дефектным конструкциям разных норм проектирования, должно приниматься индивидуально на основе оценки их грузоподъемности расчетным путем или по результатам испытаний. При этом следует учитывать их фактическое состояние, в том числе прочность и состояние бетона. Предупредить образование уста-

щие конструктивные и эксплуатационные недостатки. Бетонные пролетные строения этой группы изготавливались, как правило, на стройплощадке в деревянной опалубке из монолитного железобетона низких марок 170–250 кгс/см². Большинство данных мостов имеют длину не более 6 м. Слой балласта превышает нормативный. Устои в плохом состоянии. Нередко техническая документация на них утрачена. По данным химического и рентгенографического анализа образцов бетона мостовых сооружений со сроком эксплуатации 70–90 лет, установлено, что при достижении указанного срока бетон прекращает набор прочности и начинается процесс его регрессии.

Металлические пролетные строения, спроектированные по нормам конца XIX века – первой половины XX века, также имеют конструктивные недостатки, приводящие к усталостным разрушениям. Как правило, это дефекты в

узловых соединениях на односрезных заклепках, в верхних поясных уголках продольных балок и других местах с высокой концентрацией напряжений. Результаты вибрационных испытаний показали, что в металле клепаных соединений эксплуатируемых пролетных строений происходит образование суб-микротрещин, на базе которых при повышении напряжений выше предела выносливости происходят интенсивные усталостные разрушения. В первую очередь это относится к элементам главных ферм спроектированных в 1907 г. и под нагрузку Н7. Для оценки накопления усталостных повреждений в элементах решетчатых пролетных строений, используется, как правило, диаграмма зависимости долговечности стальных образцов с различной концентрацией напряжений от их напряженного состояния. Пределы выносливости узловых соединений элементов ферм с двухсрезными и односрезными заклепками со-



Разрушения поясных уголков продольных балок на 1201-ом км (ПК1)

лостных трещин у металлических пролетных строений можно путем частичной замены односрезных заклепок на высокопрочные болты. Более кардинальным решением является замена пролетных строений, спроектированных под нагрузки 1907 г. и Н7, до массового ввода в эксплуатацию вагонов с погонными нагрузками 9 тс/м.

Период эксплуатации указанных пролетных строений при обращении по ним тяжелых поездных нагрузок должен быть ограничен. Сроки замены таких пролетных строений следует устанавливать на основе оценки их остаточного ресурса.

Результаты мониторинга железнодорожных мостов (два металлических моста по нормам 1925 г., один 1931 г. под Н8, и железобетонный мост под С14) на участке Ковдор – Мурманск, проведенного в 2014–2015 гг., показали следующее. При воздействии вагонов модели 12-2123 с осевыми нагрузками 25 тс и 27 тс максимальные напряжения в элементах главных ферм не превысили 700 кгс/см^2 , в балках проезжей части – 710 кгс/см^2 . С учетом напряжений от собственного веса пролетных строений при расчетном сопротивлении стали 1900 кгс/см^2 запас несущей способности мостовых ферм по прочности получается почти двукратным. Меньший запас грузоподъемности имеют отдельные элементы верхних поясов, работающие на сжатие, в частности у ферм с открытым верхним поясом. Величины напряжений в элементах пролетных строений не превышают расчетных значений, т.е. работа конструкции соответствует проектным решениям.

Дефектов и повреждений существенно ограничивающих несущую способность мостовых сооружений, в период мониторинга не обнаружено. Одним из дефектов,

влияющим на остаточный срок службы проезжей части моста на 1201 км ПК1, является усталостное разрушение верхних поясных уголков продольных балок, располагающихся под мостовыми брусьями. С увеличением осевых нагрузок этот процесс будет ускоряться. При образовании выколов в верхних поясных уголках продольных балок и коррозионном износе указанных уголков, достигающем 15–20% от проектного сечения, несущая способность продольных балок может снижаться на 20–30% и более по сравнению с расчетной. В таком случае, грузоподъемность продольных балок пролетных строений, будет недостаточна для пропуска вагонов с погонной нагрузкой 9 тс/м.

Увеличение погонных поездных нагрузок с 7,2 до 9 тс/м приведет к повышению воздействия на оголовки опор мостов на 20–30% в зависимости от длины пролета. Рост воздействия на фундаменты опор будет существенно меньше и, в зависимости от их массы, может изменяться в диапазоне 2–5%. Таким образом, при отсутствии существенных дефектов срочного усиления опор не потребуются.

В то же время из-за значительного срока службы опор мостов при оценке их грузоподъемности следует учитывать снижение прочностных характеристик материала опор – бетона и бутобетона. Следует также учитывать, что опоры старых мостов имеют большое число повреждений. Это связано, в частности, с тем, что кладка выполнена на известковом растворе, прочность которого уступает цементному. Нередко происходит нарушение прочности кладки и ее разрушение в зоне переменного горизонта воды и ледостава, в зонах опирания пролетных строений. С ростом нагрузок объем ремонтных работ будет возрастать.

Влияние повышения поездных нагрузок до 9 тс/м на водопропускные трубы в целом незначительно поскольку нагрузка перераспределяется за счет балласта.

Для оценки влияния увеличивающихся поездных нагрузок на мостовые сооружения, в целях планирования инвестиционных и текущих затрат на их ремонт, реконструкцию или замену необходимо разработать нормативный документ для расчета остаточного ресурса пролетных строений и опор эксплуатируемых мостов на основе анализа зависимостей между сроком эксплуатации моста, грузонапряженностью линии и наличием дефектов в несущих конструкциях. Следует также определить критерии для оценки предельного состояния элементов и узлов пролетных строений и опор с учетом усталостных и коррозионных повреждений металлических конструкций и изменения прочностных характеристик бетона пролетных строений и кладки опор.

На текущий момент регламентировать пропуск тяжеловесных вагонов по мостам предлагаем следующим образом: пропуск подвижного состава с осевыми нагрузками выше 270 кН (27 тс) и до 300 кН (30 тс), имеющего погонную нагрузку выше $94,3 \text{ кН/м}$ ($9,43 \text{ тс/м}$ пути) и до 105 кН/м ($10,5 \text{ тс/м}$ пути), может осуществляться по мостам, имеющим грузоподъемность не ниже II категории.

Перед вводом в эксплуатацию на определенных линиях более тяжелых поездных нагрузок должна быть дополнительно проверена грузоподъемность пролетных строений и опор мостов в соответствии с действующими нормативными документами.

г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ