

напряжения ступеней 1, 2 и 2, 3 бортового редуктора и рассчитаны изгибные напряжения для солнечной шестерни, сателлита и эпицикла.

В результате проведения проверочного расчета получились следующие результаты контактные напряжения на ступени 1, 2 имеют значение 1070 МПа, а на ступени 2, 3 имеют значение 468 МПа. Расчетные напряжения изгиба имеют следующие значения: для эпицикла – 412 МПа, для коронной шестерни – 398 МПа, а для сателлита – 412 МПа.

Проверочные расчеты показали, что значения изгибных напряжений солнечной шестерни, сателлитов и коронной шестерни не превышают предельно допустимых, а значит, прочность обеспечена. Контактные напряжения ступеней 1, 2 и 2, 3 также не превышают предельно допустимых напряжений.

Основываясь на данных, полученных при проведении тягово-скоростных расчетов был спроектирован планетарный бортовой редуктор, необходимый по своим характеристикам для выполнения задач разгона и набора максимальной скорости транспортного средства. В связи с увеличением приходящей нагрузки на бортовую передачу были проведены проектировочный и проверочный расчеты редуктора. Данные расчеты показали, что контактные напряжения, а также изгибные напряжения не превышают предельно допустимых напряжений, а значит, можно сделать вывод, что бортовая передача достаточно прочная и надежная.

Список литературы

- 1 **Аввакумов, М. В.** Расчет цилиндрических зубчатых передач : метод. указания / М. В. Аввакумов, В. М. Гребенникова, А. Б. Коновалов. – СПб. : ВШТЭ, 2017. – 45 с.
- 2 Конструкция и расчет танков и БМП / В. А. Чобиток [и др.]. – М. : Воениздат, 1984. – 376 с.
- 3 **Балякин, В. Б.** Расчёт и проектирование планетарных передач авиационных редукторов / В. Б. Балякин, И. С. Барманов. – Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2020. – 76 с.

УДК 656.212.08

БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ СТРЕЛОЧНЫХ ГОРЛОВИН ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Е. А. ФИЛАТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Анализ действующей нормативной базы по вопросам проектирования и строительства транспортной инфраструктуры железных дорог и промышленных предприятий выявил отсутствие специальных подходов к определению параметров путевого развития, учитывающих безопасность и эффективность взаимодействия с подвижным составом. Ограничения на величину радиуса не более 140 м, обусловленные размером вагонов, имеются лишь в требованиях к проектированию путей промышленных предприятий при выполнении маневров сцепления вагонов [1]. Эволюция требований к проектированию кривых на железнодорожных станциях более чем за 50 лет привела к увеличению их радиусов от 140 до 200 м [2, 3]. Эти изменения связаны с ростом доли вагонов увеличенных размеров. При этом минимальная величина радиусов кривых на станциях во многом определялась вписыванием экипажей вагонов в колею. На главных же путях определяющее влияние на процессы взаимодействия в паре «колесо – рельс» оказывают скорости движения, а следовательно, силы инерции в кривых и другие факторы [4], поэтому здесь всегда применялись кривые значительно больших радиусов, чем на станциях и промышленных предприятиях.

Повышение доли вагонов увеличенных размеров дало толчок активному развитию способов расчета смещения крайних точек внешних контуров вагонов. В первую очередь это касается расчета габаритов приближения строений, подвижного состава и погрузки. Соответствующие способы расчета развивались достаточно интенсивно и кроме геометрического выноса консольной части отдельно учитывают смещение положения вагонов относительно пути за счет смещения центра базы тележки, нормативных допусков и износа ходовых частей, уширения колеи и габарита в кривой. Следует отметить, что в расчетах габаритов широко применяются заранее принятые расчетные значения радиусов (от 150 до 350 м)

и размеров вагонов (от 19 до 24 м длиной). Такой подход затрудняет объективную оценку влияния кривизны участка пути на положение крайних точек вагона конкретного типа.

Устойчивый рост размеров вагонов не только приводит к проблемам обеспечения габаритов вагонов при эксплуатации, но и влияет на качество маневровой работы в пределах криволинейных участков пути за счет снижения эффективности движения вагонов в сцепе и безопасности их автоматического сцепления. Способы расчета положения консольных частей вагонов и расчета допустимых отклонений головы автосцепки подверглись наиболее интенсивным исследованиям в 50–70-х годах прошлого века [5, 6]. Установлены минимальные величины радиусов круговых кривых, дана оценка параметров *s*-образных кривых [6]. Полученные требования вошли в ряд нормативных документов по проектированию вагонов и обеспечению сохранности подвижного состава при выполнении маневров на станциях [7, 8]. В них содержатся в том числе и ограничения величин радиусов кривых при сопряжении прямой и кривой и в *s*-образной кривой одного радиуса без прямой вставки. Широкий круг вопросов, связанных с границами опасных участков; использованием *s*-образных кривых разных радиусов или с прямой вставкой; условиями частичного размещения вагонов в пределах кривых, исследован относительно недавно [9].

Актуальным остается вопрос выработки единых подходов к классификации вагонного парка по сфере обращения и создаваемым условиям безопасной эксплуатации [10]. Это во многом определяет существующие инфраструктурные ограничения.

Фиксация радиусов кривых в нормах проектирования вагонов [8] свидетельствует о достижении в этой сфере некоторого предела экономической целесообразности дальнейшего усложнения автосцепного оборудования. В то же время, отставание требований к проектированию путевого развития снижает качество работы железнодорожного транспорта, ограничивает его эксплуатационные возможности, снижает эффективность и безопасность маневровой работы. При этом очевидно, что тенденции повышения эффективности функционирования железнодорожного транспорта за счет увеличения грузоподъемности и грузоместимости вагонов сохраняются и в ближайшем будущем [9]. Это повышает актуальность задач, связанных с совместимостью конструкций путевого развития и подвижного состава при маневровой работе.

Следует отметить общемировую практику концентрации определенных видов деятельности железных дорог на крупных станциях. Это повышает производительность работы, но ведет к увеличению количества путей в парках, что усложняет конструкцию стрелочных горловин и приводит к минимизации длин основных элементов (прямых вставок, стрелочных переводов, кривых), особенно в горловинах сортировочных парков. Это позволяет до пяти раз сократить использование длины станционной площадки на увязку одного пути, однако количество кривых и их концентрация в стрелочных горловинах крупных парков увеличивается в 2–4 раза, количество *s*-образных кривых – в 5–13 раз.

Имеющаяся неопределенность в требованиях к путевому развитию отражена лишь в виде категорий «трудные» и «особо трудные» условия проектирования. На станциях и промышленных предприятиях это приводит к необходимости дополнительного ручного труда, а большинство маневров со сцеплением выполняются при непосредственном участии человека. Такой подход снижает эффективность применения автосцепки, целью внедрения которой было повышение эффективности и безопасности маневровой работы. Установлено, что более 50 % происшествий на железнодорожном транспорте напрямую происходят вследствие «человеческого фактора» [11], поэтому одной из важнейших задач обеспечения безопасности движения является максимальное исключение рисков за счет снижения участия человека в производственных процессах и внедрения систем автоматизации.

Маневровая работа в стрелочных горловинах с малыми радиусами кривых вызывает дополнительную нагрузку на элементы вагона и верхнего строения пути, что снижает их ресурс и вызывает дополнительные затраты на эксплуатацию. Часто движение по кривым малых радиусов вызывает дополнительный шум, что с учетом расположения крупных станций в городах также становится актуальным эксплуатационным фактором и регулируется специальными нормами.

Также следует отметить, что требования технической совместимости объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта с железнодорожным подвижным составом содержатся в техническом регламенте Таможенного союза [12], который регулирует многие проблемные вопросы взаимодействия в системе «вагон – инфраструктура», но и здесь проблемы маневровой работы в стрелочных горловинах не получили достаточного отражения.

Комплексное обоснование влияния параметров стрелочных горловин на безопасность и эффективность маневровой работы с вагонами различных типов является актуальным направлением модернизации путевой инфраструктуры станций. Совершенствование нормативной базы позволит разрешить целый комплекс проблем в сфере безопасности и эффективности маневровой работы.

Список литературы

- 1 СНиП П-46-75. Ч. II. Нормы проектирования. Глава 46. Промышленный транспорт. – М. : Стройиздат, 1976. – 45 с.
- 2 Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР. ВСН 56-78. – М. : Транспорт, 1978. – 175 с.
- 3 СТН Ц-01-95. Железные дороги колеи 1520 мм. – М. : Транспорт, 1995. – 86 с.
- 4 **Вериго, М. Ф.** Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган ; под ред. М. Ф. Вериго. – М. : Транспорт, 1986. – 559 с.
- 5 Вагоны / под ред. проф. М. В. Винокурова. – М. : Трансжелдориздат, 1953. – 704 с.
- 6 Сцепляемость и проходимость вагонов в кривых малого радиуса и по горкам : Труды ВНИИЖТ / под ред. Ю. А. Хапилова. – М. : Транспорт, 1971. – Вып. 440. – 95 с.
- 7 ГОСТ 22235–2010. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. – М. : Стандартинформ, 2011. – 19 с.
- 8 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ, ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
- 9 **Филатов, Е. А.** Обоснование технической совместимости горловин железнодорожных станций и подвижного состава / Е. А. Филатов // Транспортные системы и технологии перевозок : сб. науч. работ Днепрпетровского нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепр : Изд-во Днепров. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2020. – Вып. 19. – С. 25–36.
- 10 **Филатов, Е. А.** Особенности эксплуатации подвижного состава увеличенных размеров / Е. А. Филатов // Тихомировские чтения: Наука и современная практика технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 287–291.
- 11 Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности производственных процессов на транспорте / В. А. Аксенов [и др.] // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2013. – № 18 (207). – Ч. 2. – С. 151–155.
- 12 ТР ТС 003/2011. О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта (с изм. на 9 декабря 2011 г. № 859). – Минск : БелГИСС, 2012. – 34 с.

УДК 656.222.3

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЧАСТКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОГРУППНЫХ ПОЕЗДОВ

К. М. ШКУРИН

Белорусская железная дорога, г. Минск

В последние годы в условиях сокращения объема грузовых перевозок железнодорожным транспортом под влиянием неблагоприятных внешних факторов особое внимание на Белорусской железной дороге уделяется задаче совершенствования плана формирования грузовых поездов, в том числе в части снижения затрат, связанных с переработкой вагонопотоков в пути следования.

Одним из путей решения этой задачи стало применение в процессе разработки плана формирования одногруппных поездов методики проверки целесообразности выделения маломощных струй вагонопотоков в самостоятельные назначения с использованием параметра экономии эксплуатационных расходов при следовании подвижного состава в сквозных поездах (далее – Методика проверки), подробное описание которой приведено в работе [3]. Использование данной методики позволило обосновать целесообразность формирования сквозных поездов на отдельных направлениях с относительно малыми размерами вагонопотока. В случае выполнения расчетов существующими методами, которые направлены на минимизацию затрат, связанных с простоем вагонов под накоплением и их переработкой на технических станциях, формирование указанных сквозных поездов могло быть признано нецелесообразным.

Так, в ходе апробации Методики проверки была обоснована целесообразность формирования сквозных поездов Лида – Лунинец и Могилев – Слуцк (ранее соответствующие вагонопотоки следовали в участковых поездах).