

The article presents the results of studies of the mechanical strength of fiber optic fiber optic cables. The factors affecting the strength of the optical fibers, which is a decrease in the strength of the fiber, are considered. The influencing loads on cracks and the causes of crack growth in optical fiber are described.

Various mechanical impacts during the manufacture, laying and operation of optical cables and precautions to prevent these impacts are also considered.

Keywords: optical fibers, microcracks, light guide, durability, mechanical loads, deformation, protective shell.

УДК 656.2

МУСАЕВ Ж.С. – д.т.н., доцент (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

БЕКМАМБЕТ К.М. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ХАНГЕРЕЕВ Р.Т. – преподаватель (г. Алматы, Алматинский технико-экономический колледж путей сообщения)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Аннотация

Литым деталям тележек грузовых вагонов свойственна приобретенная эксплуатационная дефектность (усталостные трещины), а также исходная технологическая дефектность, которая характерна для крупногабаритных отливок сложной конфигурации. Данная дефектность может привести к аварийным разрушениям литых деталей тележек в процессе их эксплуатации. Изломы боковых рам тележек грузовых вагонов нередко сопровождаются сходом вагона с рельсов, создают угрозу безопасности движения поездов, представляют опасность для жизни и здоровья граждан, приносят значительные убытки. В статье для оценки напряженно-деформированного состояния боковой рамы предложена конечно-элементная модель. Рассмотрены схемы нагружения и методики испытания боковых рам.

Ключевые слова: тележка грузового вагона, боковая рама, литейный дефект, напряженно-деформированное состояние, моделирование, испытание, анализ.

Введение.

Транспорт – важнейшая сфера общественного производства. Он служит материальной основой разделения труда в обществе и осуществляет многообразную связь между производством и потреблением, промышленностью и сельским хозяйством, добывающей и обрабатывающей промышленностью, экономическими районами. В структуре транспорта важное место занимает железнодорожный транспорт. Его использование в жизни общества повсеместно, поэтому общее представление об экономике вообще и о транспорте в частности было бы неполным без упоминания железнодорожного транспорта.

Железнодорожный транспорт является важнейшей отраслью народного хозяйства, который создает необходимые условия для всестороннего развития экономики нашей страны, основной вид транспорта, на долю которого приходится перевозка до 50% всех народнохозяйственных грузов и до 40% пассажиров.

Учитывая объем и широкую номенклатуру перевозимых железнодорожным транспортом грузов, аварии на железной дороге могут привести к большому материальному ущербу, экологическому бедствию и главное – человеческим жертвам, поэтому основными требованиями, предъявляемыми к подвижному составу железнодорожного транспорта, являются высокая надежность и долговечность

конструкции основных узлов вагонов, обеспечение безопасности движения поездов. Наиболее важными узлами всех современных вагонов, обеспечивающими выполнение этих требований, являются тележки, конструкция и состояние которых непосредственно влияет на безопасное движение вагона по рельсовому пути с наименьшим сопротивлением движению и определяет пригодность вагона к эксплуатации в целом [1-3].

Основная часть.

В настоящее время, подавляющее большинство грузовых вагонов парка эксплуатируются на тележках модели 18-100. Многолетний опыт эксплуатации этой тележки и многочисленные испытания, проведенные проектными и исследовательскими организациями, помимо преимуществ данной тележки, выявили ряд существенных недостатков как в конструкции, так и в качестве изготовления деталей. В течение последних десятилетий тележка модели 18-100 подвергалась многочисленным модернизациям, однако опыт эксплуатации показывает, что её конструкция не в полной мере соответствует современным требованиям, предъявляемым к ходовым частям. Основными недостатками тележки модели 18-100 и ее модификаций являются недостаточный уровень контроля геометрических параметров узлов кинематического взаимодействия, высокие темпы износа и высокая повреждаемость литых деталей рамы тележки.

В ходе эксплуатации у тележек выявлена недостаточная надежность боковой рамы. Это связано с тем, что конструкция боковой рамы не соответствует современным требованиям надежности и прочности. Кроме того конструкция боковой рамы такова, что даже самые незначительные литейные дефекты резко снижают ее усталостную прочность.

Для оценки напряженно-деформированного состояния боковой рамы может быть использована конечно-элементная модель (рисунки 1, 2). Расчет производился методом конечных элементов с использованием конечно-элементного пакета ANSYS 12.0. Применены объемные 10 узловые элементы с характерным размером ребра 30 мм. В процессе моделирования сначала была создана объемная модель (рисунок 1), которая была автоматически разбита на объемные конечные элементы (рисунок 2).

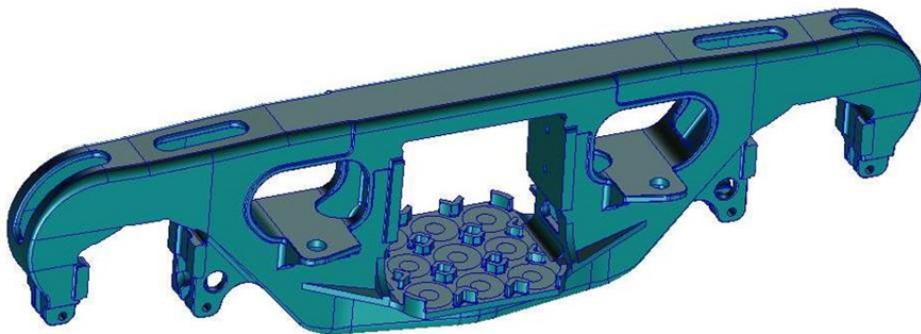


Рисунок 1 – Геометрическая модель боковой рамы

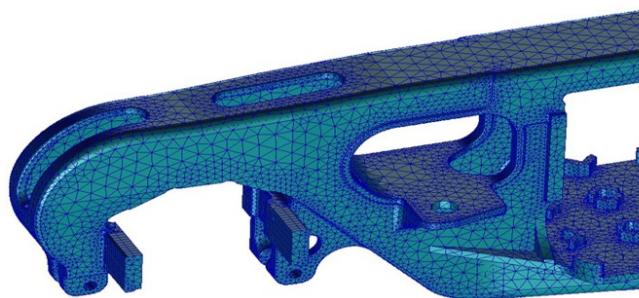


Рисунок 2 – Фрагмент конечно-элементной модели боковой рамы

Для материала модели приняты следующие значения упругих постоянных материала: модуль Юнга $E=210$ Гпа, коэффициент Пуассона $\nu=0,27$.

Вертикальные усилия передаются на боковую раму через нижний пояс и действуют в местах опирания пружин. Продольные усилия передаются через одну из поверхностей фрикционных планок, поперечные силы – через упоры возле фрикционных планок с одной стороны боковой рамы.

Собственный вес боковой рамы учитывается приложением соответствующих ускорений:

- I расчетный режим $a=g=9,81$ м/с;
- III расчетный режим $a=(1+k_{дв}) \cdot g$.

Согласно [4] расчетные нагрузки, действующие на тележку, прикладываются не одновременно, а комбинируются в соответствии с I и III расчетным режимом. Расчет проводим только для варианта сжимающих нагрузок, так как при этом возникают максимальные усилия, величины расчетных нагрузок и их комбинации приведены в нормативно-технической и регламентирующей документации [5].

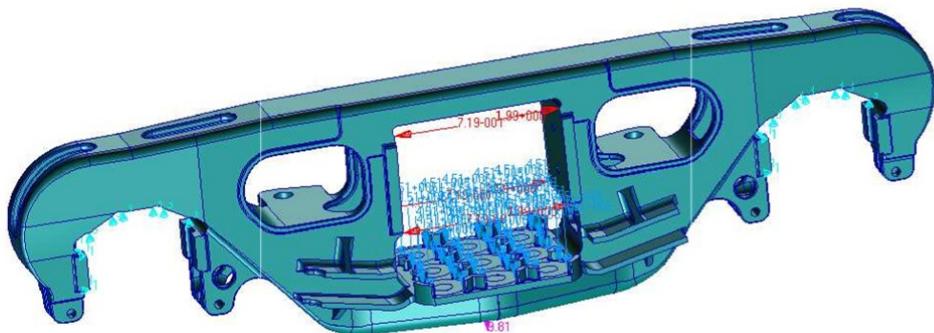


Рисунок 3 – Нагрузки, действующие на боковую раму при варианте нагружения а)

Варианты нагружения соответствуют:

- а) силам, действующим на вагон во время его соударения с составом при роспуске с горки (рисунок 3);
- б) силам, действующим на вагон в середине состава призаторможенных впереди стоящих вагонах и не заторможенных, набегающих сзади;
- в) силам, действующим на последний вагон, движущийся с конструкционной скоростью в составе при регулировочном торможении в начале кривого участка (рисунок 4);

г) силам, действующим на вагон, движущийся с конструкционной скоростью в середине состава при регулировочном торможении на прямом участке пути;

д) силам, действующим на вагон, движущийся с конструкционной скоростью в середине состава при регулировочном торможении в кривой, при заторможенных впереди стоящих вагонах и не заторможенных, набегающих сзади;

е) силам, действующим на вагон, движущийся с конструкционной скоростью, в середине состава при регулировочном торможении в кривой.

I расчетному режиму соответствуют варианты нагружения а) и б),

III расчетному режиму соответствуют варианты нагружения – в) и е).

Опирание боковой рамы и передача нагрузок на колесные пары происходит в буксовых проемах. От вертикальных и поперечных перемещений закрепляется нижняя поверхность участка верхнего пояса в буксовых проемах – здесь расположен передающий нагрузку на ось адаптер. От продольных – вертикальные поверхности буксовых проемов, внутренняя в буксовом проеме, на который направлена продольная сила, а наружная – в другом буксовом проеме.

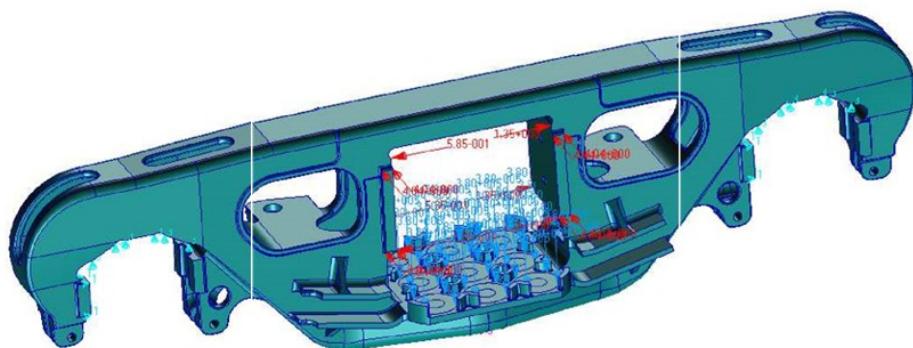


Рисунок 4 – Нагрузки, действующие на боковую раму при варианте нагружения в).

Схема расположения сечений и установки тензорезисторов на боковой раме (рисунок 5).

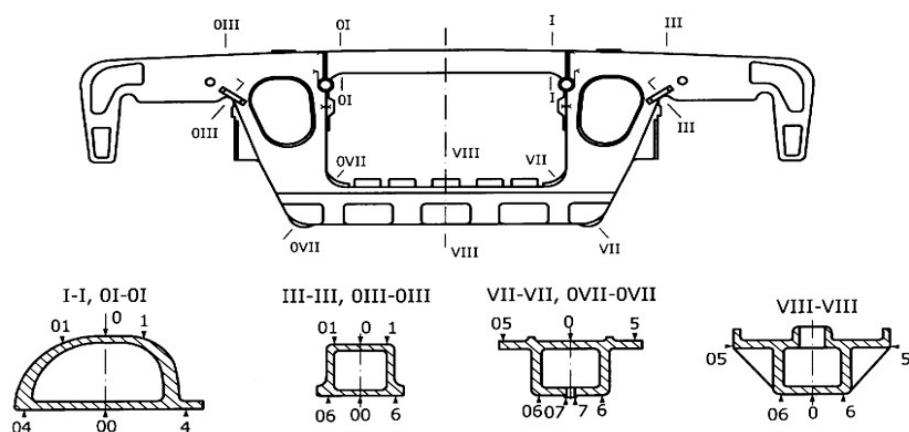


Рисунок 5 – Схема расположения сечений и установки тензорезисторов на боковой раме

При определении величины вертикальной статической нагрузки, выдерживаемой надрессорной балкой без разрушения, используется схема нагружения приведенная на рисунке 6. Надрессорную балку (1) опирают на две опоры, каждая из которых состоит из фасонной плиты (2) с отверстиями под болки надрессорной балки толщиной не менее 50 мм, расположенного над цилиндром (3) диаметром 100-170 мм. И опорной тумбы (4) укрепленной на полу стенда. Ширина опорного элемента равна ширине горизонтальной части опорной поверхности надрессорной балки между наклонными плоскостями, а длина 150-200 мм. Испытательную нагрузку прикладывают к надрессорной балке через вкладыш (5) выполненный по форме пятника.

Схема нагружения боковой рамы приведена на рисунке 7. Боковую раму (1) устанавливают в рабочем положении на 2 катковые опоры, на каждую из них устанавливают опорные плиты (2) толщиной не менее 50 мм и цилиндра (3) диаметром 100-1700 мм. Испытательную нагрузку передают на нижний пояс рамы с помощью П-образного приспособления (4) через систему сегментов (5), обеспечивающих проектное распределение нагрузки на посадочные места пружин рессорного комплекта.

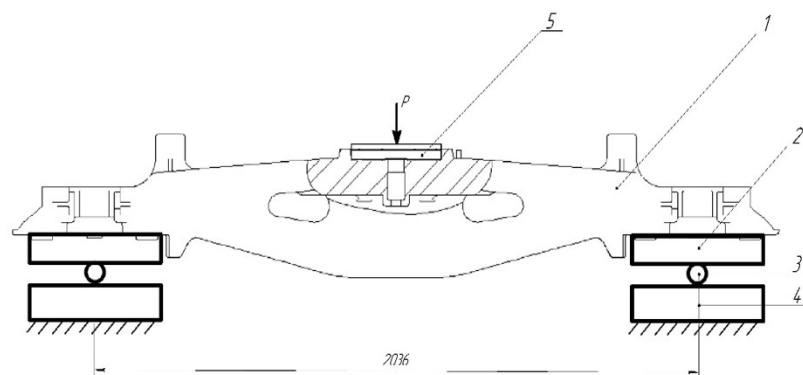


Рисунок 6 – Схема нагружения надрессорной балки

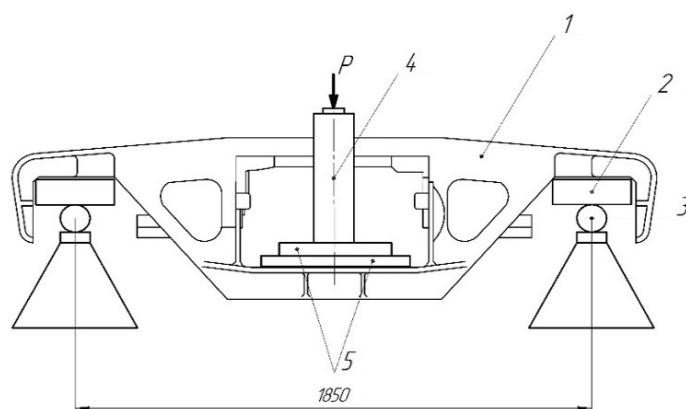


Рисунок 7 – Схема нагружения боковой рамы

Испытания проводят при плавном возрастании нагрузки со скоростью не более 50 кН/с.

Если испытательная нагрузка превышает допускаемую нагрузку до потери несущей способности детали более чем на 5%, допускается испытания не доводить до потери

несущей способности детали, а полученную максимальную нагрузку при этом считать результатом испытаний.

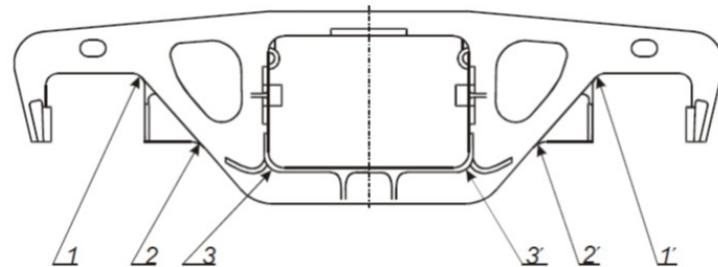
После окончания испытаний детали, при наличии макротрешины ее следует нагрузить повышенной квазистатической нагрузкой до раскрытия макротрешины для изучения металла в зоне излома.

По окончании испытаний допускается разрезать детали механическим способом по сечениям для оценки фактических размеров толщин стенок на соответствие их размерам по чертежу.

Схемы нагружения надпрессорной балки и боковой рамы при усталостных испытаниях аналогичны схемам нагружения при статических испытаниях, приведенным на рисунках 6 и 7 соответственно.

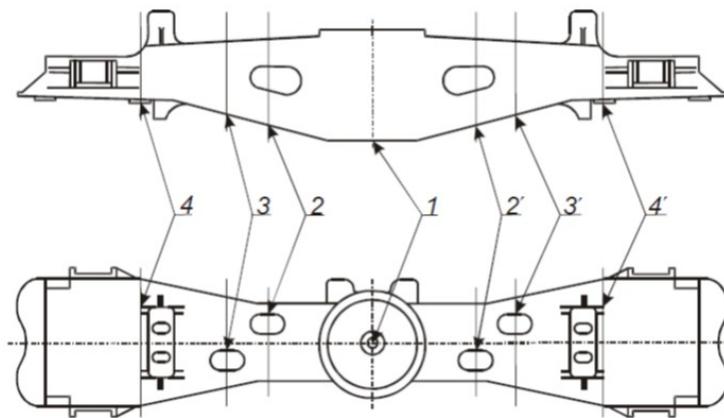
При полных ускоренных испытаниях каждую деталь испытывают при асимметричном цикле нагружения до разрушения или достижения базового числа циклов $N_0=10^7$.

При сокращенных ускоренных испытаниях принимают контрольное число циклов 1,2 млн. и 1,4 млн. соответственно для деталей с осевыми нагрузками 230 кН и 245 кН.



1 – сечение внутреннего угла буксового проема (зона максимальных напряжений: 90 МПа от $P_0=228$ кН); 2 – сечение наклонного пояса за буксовым упором; 3 – сечение рессорного проема

Рисунок 8 – Схема расположения сечений в боковой раме по зонам разрушения



1 – шкворневое сечение; 2 – сечение по технологическому отверстию наклонного пояса (зона максимальных напряжений: 110 МПа от $P_0=228$ кН); 3 – сечение наклонного пояса; 4 – сечение возле скользуна

Рисунок 9 – Схема расположения сечений в надрессорной балке по зонам разрушения

Анализ изломов боковых рам и надрессорных балок после их усталостных испытаний показывает, что литейные дефекты, попадающие внутрь поперечного сечения, не приводят к разрушению детали в эксплуатации.

Для предотвращения аварий от излома боковых рам тележек, в вагонном хозяйстве принята система диагностического метода неразрушающего контроля наличия дефектов литых деталях тележек грузовых вагонов в первый и последующие межремонтные интервалы эксплуатации. Для боковых рам тележек грузовых вагонов свойственен низкий уровень номинальных проектных напряжений, вследствие чего усталостные трещины до момента разрушения рамы могут иметь достаточно протяженные размеры. Поэтому при назначении времени периодичности межремонтного осмотра необходимо знать, в течение какого времени развивающаяся трещина до момента разрушения рамы будет находиться в высокой степени вероятности ее обнаружения. Дефектоскопия должна выявлять дефекты определенного размера, которые при их развитии могут привести к разрушению в последующий интервал межремонтного периода обследования грузовых вагонов. В связи с этим возникает необходимость уточнения этого размера для оценки возможности эксплуатации боковых рам на различных этапах развития дефекта: 1) от его обнаружения; 2) до невозможности эксплуатации рамы вследствие ее разрушения.

Выводы.

Для повышения ресурса литых деталей тележек грузовых вагонов следует при переработке технических условий на изготовление литых деталей предусмотреть возможность исключения попадания литейных дефектов в зоны высоких напряжений (0,75-0,95) от допускаемых значений, а при разработке новых средств диагностики и неразрушающего контроля литых деталей предусматривать общую автоматизацию регистрации результатов измерений, максимально устранив человеческий фактор.

Тенденция повышения межремонтных пробегов грузовых вагонов с целью повышения эффективности железнодорожных перевозок наблюдается во всем мире. В перспективах развития подвижного состава Казахстана и стран ближнего зарубежья потребуется увеличения межремонтных пробегов для ходовых частей грузовых вагонов от 500 тыс. км до 1,0 млн. и более. Достижение таких показателей требует от разработчиков несущих элементов тележек внедрения уточненных методик выявления запаса усталостной прочности, учет влияния наиболее существенных технологических факторов, снижающих ресурс деталей, деградации механических свойств сталей, оценку живучести деталей методами механики разрушения, взаимодействия с технологиями. Мониторинг текущих состояний наиболее нагруженных деталей тележек на протяжении всего жизненного цикла способствует исключению из эксплуатации негодных деталей и безотказности функционирования грузовых вагонов. Непрерывно улучшаются программные продукты, позволяющие оценивать влияние на прочность большего числа вредных факторов, улучшать технологию изготовления деталей, снижать процент брака, ускорять время поставки на производство.

Литература

1. Лукин В.В. Конструирование и расчет вагонов. – М.: Транспорт. – 2000. – 728 с.
2. Мусаев Ж.С., Солоненко В.Г. Конструкция вагонов. Учебник. – Алматы: «Эверо», 2016. – 556 с.
3. Протопопов А.Л., Коссов В.С., Оганьян Э.С., Волохов Г.М., Овечников М.Н. Моделирование живучести боковой рамы трехэлементной тележки грузового вагона численными методами // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 4 (83). – С. 51-55.

4. Технический регламент ТС «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011).
5. ГОСТ 32400-2013 Рама боковая и балка надрессорная литых тележек железнодорожных грузовых вагонов.
6. Мусаев Ж.С., Эбілханова Г. Анализ эксплуатационной надежности боковой рамы грузовой тележки / Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Роль транспортной науки и образования в реализации пяти институциональных реформ», посвященной Плану нации «100 конкретных шагов». – Алматы: КазАТК, 27-28 апреля 2016. – С. 38-41.
7. СТ РК 1417-2005 Система испытаний подвижного состава. Требования к составу, содержанию, оформлению и порядку разработки программ и методик испытаний, и аттестации методик испытаний.
8. Мусаев Ж.С., Сулеева Н.З., Джакупов Н.Р. К вопросу усталостных испытаний литых деталей грузовых тележек // Вестник КазАТК. – 2019. – №2 (109). – С. 49-57.
9. Якушев А.В., Рузметов Я.О., Комиченко С.О. Разработка и обоснование формы образца с целью построения кинетической диаграммы усталостного разрушения для литых сталей при наличии внутренних литьевых дефектов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2014. – Вып. 2(39). – С. 129-133.
10. Коссов В.С., Оганьян Э.С., Красюков Н.Ф., Протопопов А.Л. Оценка условий безопасности эксплуатации литых деталей тележки грузового вагона // Тяжелое машиностроение. – 2016. – № 5. – С. 20-24.
11. Расчетно-экспериментальная оценка прочности, ресурса и живучести вагонных тележек. Коллективная Монография членов и научных партнеров Объединенного Ученого совета ОАО «РЖД» «Ренессанс железных дорог: Фундаментальные научные исследования и прорывные инновации». / Н.А. Махутов, В.С. Коссов, М.М. Гаденин, Э.С. Оганьянис // Под ред. Б.М. Лапидуса. – МО. Ногинск: АНАЛИТИКА РОДИС. – 2015.
12. Петров Г.И., Черняев Н.Ю., Жайсан И.Ж. О модернизации грузовой тележки с установкой поперечной связи / Труды XVII научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2016 г.
13. Плотников И.В., Петров Г.И., Калетин С.В., Паначев О.И., Соколов А.М. Анализ компьютерного моделирования НДС боковой рамы тележки вагона с учетом наличия концентраторов напряжений / Труды XVII научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2016 г.
14. Северинова Т.П. Расчетно-теоретическое обоснование живучести боковых рам и надрессорных балок с допустимыми дефектами // Вестник ВНИИЖТ. – 2002. – № 5. – С. 18-21.

References

1. Lukin V.V. Design and calculation of wagons. – M.: Transport. – 2000. – 728 p.
2. Musaev Zh.S., Solonenko V.G. Construction of wagons. Textbook. – Almaty: "Evero", 2016. – 556 p.
3. Protopopov A.L., Kossov V.S., Oganyan E.S., Volokhov G.M., Ovechnikov M.N. Modeling the survivability of the side frame of a three-element trolley of a freight car by numerical methods // Transport of the Russian Federation. – 2019. – № 4 (83). – pp. 51-55.
4. Technical Regulations of the CU "On the safety of railway rolling stock" (TR CU 001/2011).
5. GOST 32400-2013 Side frame and spring beam of cast bogies of railway freight cars.
6. Musaev Zh.S., Abilkhanova G. Analysis of operational reliability of the side frame of the cargo trolley / Materials of the International Scientific and Practical Conference. "The role of transport science and education in the implementation of five institutional reforms", dedicated to the National Plan "100 concrete steps". – Almaty: KazATK, April 27-28, 2016. – pp. 38-41.

7. ST RK 1417-2005 Rolling stock testing system. Requirements for the composition, content, design and procedure for the development of programs and test methods, and certification of test methods.
8. Musaev Zh.S., Suleeva N.Z., Dzhakupov N.R. On the issue of fatigue tests of cast parts of cargo trucks // Vestnik KazATK. – 2019. – №2 (109). – pp. 49-57.
9. Yakushev A.B., Ruzmetov Ya.O., Komichenko S.O. Development and substantiation of the sample shape in order to construct a kinetic diagram of fatigue failure for cast steels in the presence of internal casting defects // Izvestiya of the St. Petersburg University of Railways. – 2014. – Issue 2(39). – pp. 129-133.
10. Kossov V.S., Oganyan E.S., Krasyukov N.F., Protopopov A.L. Evaluation of the safety conditions for the operation of cast parts of a freight wagon trolley // Heavy engineering. – 2016. – No. 5. – pp. 20-24.
11. Computational and experimental assessment of the strength, resource and survivability of trolley trolleys. Collective monograph of members and scientific partners of the Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways" "Renaissance of railways: Fundamental scientific research and breakthrough innovations" / N.A. Makhutov, V.S. Kossov, M.M. Gadenin, E.S. Ohanyans // Edited by B.M. Lapidus. – MO. Noginsk: ANALYTICS RODIS. – 2015.
12. Petrov G.I., Chernyaev N.Yu., Zhaysan I.Zh. On the modernization of a cargo trolley with a cross-link installation / Proceedings of the XVII scientific and practical conference "Train safety". – Moscow: MIIT, 2016.
13. Plotnikov I.V., Petrov G.I. Kaledin S.V., Panachev O.I., Sokolov A.M. A review of computer simulation of the VAT side frame of the truck of the car taking into account the presence of stress concentrators / Proceedings of the XVII scientific-practical conference "Traffic Safety". – M.: Engineering, 2016.
14. Severinova T.P. Etc. theoretical substantiation of the survivability of the side frames and bolsters with possible defects // Vestnik VNIIZHT. – 2002. – No. 5. – pp. 18-21.

**МУСАЕВ Ж.С. – т.ғ.д., доцент (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)
БЕКМАМБЕТ Қ.М. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)
ХАНГЕРЕЕВ Р.Т. – оқытушы (Алматы қ., Алматы қатынас жолдарының техникалық-экономикалық колледжі)**

АҚАУЛАРДЫҢ ЖҮК ВАГОНЫ АРБАШЫҚТАРЫНЫҢ ҚҰЙЫЛҒАН БӨЛШЕКТЕРІНІҢ ҚАЖУ БЕРИКТІГІНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа

Жүк вагондарының арбаларының құйылған бөлшектері сатып алынған пайдалану ақауымен (тоза бастаған жарықтар), сондай-ақ күрделі конфигурациялы ірі габаритті құймаларға тән бастапқы технологиялық ақауымен сипатталады. Бұл ақаулық оларды пайдалану кезінде арбалардың құйылған бөліктегінің апарттық бұзылуына әкелуі мүмкін. Жүк вагондары арбаларының бүйір жасақтауларының сынуы көбінесе вагонның рельстен шығып кетуімен бірге жүреді, пойыздар қозғалысының қауіпсіздігіне қауіп төндіреді, азаматтардың өмірі мен денсаулығына қауіп төндіреді, айтарлықтай шығындар әкеледі. Мақалада бүйірлік раманың кернеулі-деформацияланған күйін бағалау үшін, әрине, элемент моделі ұсынылады. Жүктеген схемалары мен бүйірлік рамалардың сынау әдістері қарастырылған.

Түйінді сөздер: жүк вагонның арбасы, бүйір жасақтау, құю ақауы, кернеулі-деформацияланған күй, модельдеу, сынау, талдау.