

$$y = x \operatorname{tg} \alpha_0 - gx^2 / (2v_0^2 \cos^2 \alpha_0) - gkx^3 / (3v_0^2 \cos^2 \alpha_0) - \dots$$

Уравнение траектории движения без сопротивления воздуха будет:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha_0 - gx^2 / 2v_0^2 \cos^2 \alpha_0.$$

Сопоставляя первое уравнение со вторым видим, что третий член первого уравнения является поправкой, учитывающей сопротивление воздуха.

#### ЛИТЕРАТУРА

Бать М.И. и др. Теоретическая механика в примерах и задачах. -Т.2, -Динамика. -М.: Наука, 1991. -436 с.

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

*Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Беларусь*

Литые детали (боковые рамы и надрессорные балки) тележек грузовых вагонов работают в режиме интенсивного динамического нагружения. В зависимости от скорости движения вагонов и технического состояния пути и самих тележек, спектр динамических напряжений в них меняется от 4 до 40 МПа, соответственно с вероятностью их появления от 0,13 до 0,006 [1]. Из них повреждающими являются напряжения более 24 МПа. По многочисленным исследованиям [2] предел выносливости рамы по амплитудным динамическим напряжениям при вероятности разрушения  $F = 0,023$  составляет 35 МПа. Вероятность появления в эксплуатации напряжений выше предела выносливости рамы, которые ведут к накоплению повреждений и возможному разрушению деталей, равна 0,006...0,000965. Несмотря на малую вероятность появления напряжений выше предела выносливости, в эксплуатации наблюдаются случаи разрушения литых деталей. Учитывая высокую ответственность этих деталей в вопросах обеспечения безопасности движения поездов, разрушение литых деталей даже с такой вероятностью недопустимо.

В практике ремонтного производства установлен порядок диагностирования литых деталей неразрушающими методами с помощью феррозондового или магнитопорошкового контроля перед выпуском их в эксплуатацию. Однако полностью исключить случаи поломки литых деталей пока не удастся.

Чтобы выяснить причины повреждений литых деталей авторами представлена работа в трех направлениях: анализа информации об эксплуатационных повреждениях деталей; анализа информации о выбраковке деталей при их дефектоскопировании во время плановых ремонтов и моделирования нагружения деталей, при котором наступает потеря несущей способности.

Для выполнения первой части программы был собран материал по разрушению литых деталей накопленный на железных дорогах стран СНГ за последние 20 лет [3]. Всего были собраны данные по обследованию 3,77 млн. боковых рам и 1,84 млн. надрессорных балок, в которых в эксплуатации были выявлены трещины. Обработка материала показала, что в рамах трещины возникают с вероятностью 0,0028, а в надрессорных балках по нижнему поясу – с вероятностью 0,004 (ниже в работах материал представлен только по рамам).

Распределение трещин в рамах по зонам, возникающим в эксплуатации и дефектов при неразрушающем контроле

| Наименование участка рамы        | Код участка | Процент (%)   |  |
|----------------------------------|-------------|---|--|
|                                  |             | появление эксплуатационных повреждений от осмотренных | выбровка деталей при диагностировании при плановом ремонте |
| Наружный угол буксового проема   | 1           | 32  | 13   |
| Внутренний угол буксового проема | 2           | 15  | 8,7  |
| Нижний угол рессорного проема    | 3           | 4   | 8,7  |
| Верхний угол рессорного проема   | 4           | 4   | 17,4   |
| Опоры рамы на буксу              | 5           | 40  | 8,7  |
| Верхний пояс рессорного проема   | 6           | 5   | 0  |
| Верхний наклонный пояс:          |             |   |  |
| - в левом технологическом углу;  | 7           | 0   | 30   |
| - по середине;                   | 8           | 0   | 4  |
| - в правом технологическом углу  | 9           | 0   | 8,7  |
| Нижний наклонный пояс            | 10          | 0   | 0  |
| Нижний пояс рессорного проема    | 11          | 0   | 0  |

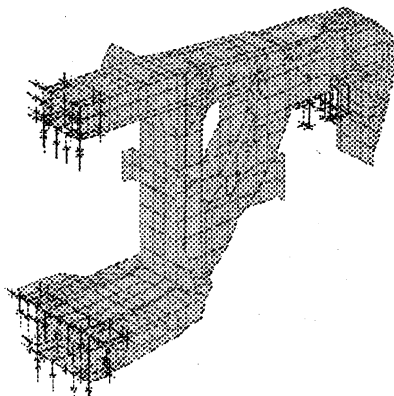


Рисунок 2 – Расчетная схема по III режиму нагружения

Расчетной нагрузкой рамы являются вертикальная статическая сила от массы брутто перевозимого груза и собственной массы вагона, динамическая сила от инерции колебаний элементов вагона на рессорном подвешивании, вертикальные составляющие сил от боковых поперечных нагрузок при движении вагона по кривым участком пути и от сил инерции кузова при плановом торможении вагона.

Величина расчетной вертикальной силы на раму при III режиме нагружения составляет  $P = 379,38$  кН.

Для сравнения напряженного состояния рамы при работе вагона в III режиме с I режимом, выполнены расчеты рамы на вертикальные и продольные нагрузки, возникающие при соударении вагонов на сортировочных горках. Согласно «Нормам расчета вагонов на прочность» в I режиме учитываются две составляющие вертикальных сил (статическая и инерционная) и дополнительно продольная сила, передающаяся на раму от колесной пары при ее затормаживании вагонными замедлителями на сортировочной горке.

В зависимости от режима роспуска вагонов (скорости роспуска, тип вагонного замедлителя и др.) величина продольной силы на раму меняется в широких пределах от 20 до 91 кН [4]. В отдельных случаях она может достигать 120 кН. Поэтому при оценке напряженного состояния рамы в I режиме эксплуатации, выполнено 3 варианта расчета: с постоянной вертикальной силой  $P = 440$  кН и тремя изменяющимися продольными силами 40, 60 и 120 кН. Расчетная схема рамы на I режим нагружения представлена на рисунке 3. Результаты расчета рамы на I и III режимы нагружения представлены в таблице 2.

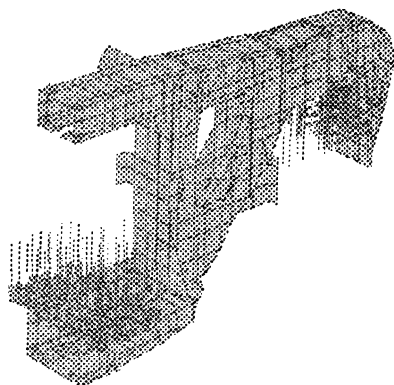


Рисунок 3 – Расчетная схема по I режиму нагружения

Таблица 2

Величины напряжений в раме при различных режимах нагружения, МПа

| Наименование зоны                                    | Код зоны | Номер КЭ | Расчетный режим          |                                       |           |           |
|--|----------|----------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
|  |          |          | III эксплуатационный, кН | I соударение при продольной нагрузке: |           |           |
|  |          |          |                          | T = 120 кН                            | T = 60 кН | T = 40 кН |
| Наружный угол буксового проема                       | 1        | 576      | 4,776                    | 460,731                               | 229,259   | 152,061   |
| Внутренний угол буксового проема                     | 2        | 958      | 75,019                   | 143,945                               | 113,408   | 103,952   |
| Внутренний угол буксового проема                     | 2        | 715      | 81,523                   | 145,245                               | 117,565   | 109,190   |
| Нижний угол рессорного проема                        | 3        | 485      | 98,104                   | 114,155                               | 113,926   | 113,870   |
| Нижний угол рессорного проема                        | 3        | 487      | 90,202                   | 106,671                               | 105,298   | 115,056   |
| Опоры рамы на буксу                                  | 5        | 584      | 53,302                   | 403,523                               | 225,563   | 167,185   |
| Опоры рамы на буксу                                  | 5        | 585      | 42,758                   | 153,474                               | 96,595    | 78,715    |
| Верхний пояс рессорного проема                       | 6        | 650      | 37,866                   | 16,479                                | 30,200    | 34,779    |
| Верхний пояс рессорного проема                       | 6        | 892      | 36,730                   | 16,513                                | 29,557    | 33,911    |
| Верхний наклонный пояс в правом технологическом углу | 9        | 872      | 50,936                   | 36,826                                | 47,074    | 51,076    |
| Верхний наклонный пояс в правом технологическом углу | 9        | 874      | 63,540                   | 37,332                                | 55,050    | 61,266    |
| Нижний наклонный пояс                                | 10       | 771      | 49,235                   | 65,178                                | 60,542    | 59,377    |
| Нижний наклонный пояс                                | 10       | 1011     | 46,758                   | 62,420                                | 57,908    | 56,408    |
| Нижний пояс рессорного проема                        | 11       | 1053     | 89,072                   | 103,885                               | 103,598   | 103,503   |
| Нижний пояс рессорного проема                        | 11       | 1090     | 87,702                   | 102,106                               | 101,938   | 101,866   |

Анализ табл. 2 показывает, что при движении вагона по магистральным железным дорогам со скоростями до 33 м/с (III режим) напряжения в раме не превышают допускаемых 130 МПа и трещины в них при этом режиме возникать не могут. Тем более не могут возникать в зоне 1, где напряжения практически нулевые (4,776 МПа). Однако фактически трещины в этой зоне в эксплуатации возникают с частотой до 32% от общего их количества.

И, наоборот, в режиме соударения вагонов напряженное состояние рамы резко меняется. При действии продольных сил от 60 до 120 кН напряжения в зонах 1 и 5, в которых наибольшая частота появления эксплуатационных трещин, значительно превышают допускаемые 183 МПа и составляют 225...460 МПа. При продольной силе 40 кН напряжения в этих зонах не превышают допускаемых.

Следует отметить и то, что появление литых дефектов в зоны 7, 8 и 9 не отражается на несущей способности рамы, так как напряжения в них при всех режимах эксплуатации в 2-3 раза ниже допускаемых, этим и объясняется, что случаев эксплуатационных повреждений рам в указанных зонах не наблюдается.

Из изложенного следует, что основной причиной отказов рам в эксплуатации является режим соударения вагонов на сортировочных горках, при котором продольная сила превышает 40 кН. Поэтому технология роспуска вагонов на сортировочных горках должна быть такой, при которой бы продольные силы на раму не превышали

предельной величины 40 кН. Для этого необходимо нормативно-техническую документацию по режиму работы сортировочных горок привести в соответствие с допускаемым силовым воздействием на вагон и его детали.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.С. Плоткин, А.Б. Сувило. Уточнение оценки усталостной прочности над-рессорных балок и боковых рам тележки модели 18-100 по результатам полных уста-лостных испытаний /труды ВНИИВа, 1980, вып.42. – С.3-6.
2. Расчет характеристик выносливости, параметров нагруженности и показателей надежности несущих эле-ментов конструкций /Приходько А.П. и др. – Тр. ЦНИИ МПС, 1976, вып. 548. – С.110-129.
3. Повышение надежности несущих деталей тележек/ Сендеров Г.К., Ступин А.П., Власова Н.Н. – Серия: Вагоны и вагонное хозяйство. Ремонт вагонов.: Эксп-ресс информация ЦНИИТЭП МПС, 1990, вып. 2. – С. 1-8.
4. Харитонов Б.В. Пути снижения повреждаемости боковых рам тележек грузовых вагонов на сортировоч-ных горках. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. М.: 1999. – 25 с.