

УДК 629.463

А. В. ПУТЯТО, А. В. ПИГУНОВ, В. В. БЕЛОГУБ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ КУЗОВА ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ ПРИ УДАРЕ

Разработана конечно-элементная модель кузова вагона-платформы для перевозки лесных грузов модели 17-494-01 в соответствии с конструкторской документацией ОНИЛ «ТТОРЕПС» БелГУТа. Выполнен расчет на прочность при ударном нагружении кузова.

С целью пополнения парка грузовых вагонов Белорусской железной дороги востребованными в настоящее время вагонами для перевозки лесных грузов, а также использования неэксплуатируемых вагонов для нефтебитума модели 17-494 в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Технические и технологические оценки ресурса единиц подвижного состава» (ОНИЛ «ТТОРЕПС») Белорусского государственного университета транспорта разработан проект по переоборудованию последних в лесовозы.

Для оценки несущей способности кузова вагона-платформы для перевозки лесных грузов модели 17-494-01 выполнен комплекс расчетов при нагружении, предусмотренных «Нормами для расчета...» [1].

Расчетная конечно-элементная модель металлоконструкции кузова вагона-платформы создавалась в соответствии с конструкторской документацией 494.00.00.000СБ ОНИЛ «ТТОРЕПС» с использованием программного комплекса DSMFEM. Для построения модели использовались два типа конечных элементов: плоские пластинчатые 3- и 4-угольные. Параметры расчетной модели следующие: количество узлов – 88425, количество конечных элементов – 74350. В соответствии с «Нормами...» [1] модуль упругости материала принимался равным $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона 0,3. На рисунке 1 приведена конечно-элементная модель кузова вагона-платформы для перевозки лесных грузов модели 17-494-01.

К наиболее опасному режиму относится ударное нагружение конструкции. Рассмотрим схему нагружения кузова при указанном режиме.

1 Продольная нагрузка.

Согласно «Нормам» $N = -3,5$ МН прикладывается к заднему упору автоцепного устройства.

Продольная сила инерции кузова учитывается автоматически путем наложения на элементы металлоконструкции вагона нормированного продольного ускорения 3,5g.

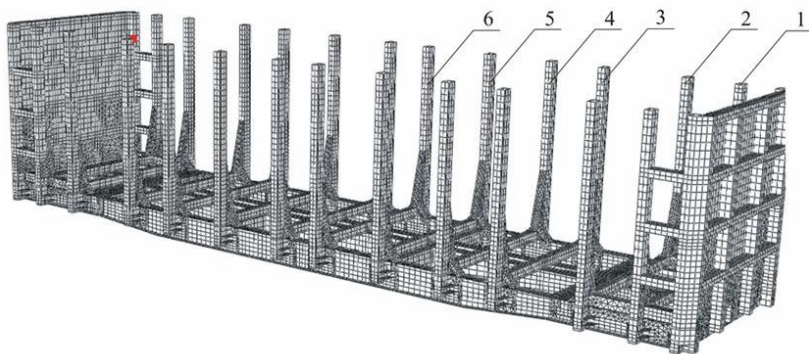


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель кузова вагона-платформы для перевозки лесных грузов модели 17-494-01

Торцовая стена кузова рассчитывается по I режиму на равномерно распределенное динамическое давление груза, возникающее при соударении вагонов от действия силы инерции массы груза, равной 0,35 грузоподъемности вагона при нормативном продольном ускорении. Силу инерции определяем по формуле

$$N_{и} = ma_x,$$

где m – масса груза, $m = 0,35 \cdot 60 = 21$ т; a_x – нормированная величина продольного ускорения (замедления), $a_x = 3,5g$.

$$N_{и} = 21 \cdot 10^3 \cdot 3,5 \cdot 9,81 = 721 \text{ кН}.$$

При выполнении расчета на удар «Нормами...» не регламентировано распределение оставшейся продольной нагрузки по элементам кузова. Принято решение оставшиеся 65 % силы инерции груза, составляющей 1,34 МН, распределить по лесным рамам (основание и стойка). Таким образом, на одну лесную раму действует 0,112 МН. Распределение полученной нагрузки на основание и стойки лесной рамы с учетом отношения соответствующих площадей позволило определить нагрузки, действующие на основание и пару стоек лесной рамы: $f_{осн} = 33,6$ кН; $f_{ст} = 78,4$ кН. Кроме того, приложение найденных сил на стойки выполнялось с учетом линейной зависимости нагрузки от высоты стойки, причем нулевое значение принято на верхней границе загрузки вагона.

2 Вертикальная нагрузка.

К вертикальной нагрузке относится сила тяжести брутто вагона, которая учитывается автоматически через известное гравитационное поле и плотность материала при учете массы металлоконструкции вагона, а также путем равномерного распределения по основаниям лесных рам веса перевозимого груза, соответствующего грузоподъемности вагона (60 т).

3 Самоуравновешенные нагрузки.

К самоуравновешенным нагрузкам относятся силы распора скатывающихся грузов. По I режиму проводится расчет боковых стоек кузова на давление распора при перевозке труб, бревен и других скатывающихся грузов, которое определяется выражением

$$p_a = (1 + K_{\text{дв}}) \gamma g y \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right),$$

где $K_{\text{дв}}$ – коэффициент вертикальной динамики, принимается при расчете по I режиму $K_{\text{дв}} = 0,1$; γ – плотность груза определяется как частное от деления грузоподъемности вагона на объем кузова, $\gamma = 60/100 = 0,6 \text{ т/м}^3$; g – ускорение свободного падения; y – расстояние от поверхности груза до точки, в которой определяется давление ($y_{\text{max}} = 2,78 \text{ м}$); φ – угол естественного откоса груза, образуемый поверхностью свободно насыпанного груза с горизонтальной плоскостью, в нашем случае $\varphi = 0$.

Таким образом, максимальное давление на основание условной боковой стены

$$p_a = (1 + 0,1) \cdot 600 \cdot 9,8 \cdot 2,78 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} \right) \cdot 10^{-3} = 17,98 \text{ кПа}.$$

Определим максимальное давление, действующее на основание каждой стойки (нумерация принята согласно приведенной на рисунке 1) по формуле

$$p_i^{\text{max}} = \frac{p_a (l_i + l_{i+1})}{2b},$$

где l_i, l_{i+1} – длины пролетов между соседними стойками; b – ширина стойки, $b = 12 \text{ см}$.

Следовательно, получаем:

$$p_1^{\text{max}} = \frac{p_a (l_1 + l_2)}{2b} = \frac{17,98 \cdot (2 \cdot 68 + 83,5)}{2 \cdot 12} = 164 \text{ кПа};$$

$$p_2^{\text{max}} = \frac{p_a (l_2 + l_3)}{2b} = \frac{17,98 \cdot (83,5 + 142,1)}{2 \cdot 12} = 169 \text{ кПа};$$

$$p_3^{\text{max}} = \frac{p_a (l_3 + l_4)}{2b} = \frac{17,98 \cdot (142,1 + 93,5)}{2 \cdot 12} = 176 \text{ кПа};$$

$$p_4^{\text{max}} = \frac{p_a (l_4 + l_5)}{2b} = \frac{17,98 \cdot (93,5 + 119,4)}{2 \cdot 12} = 159 \text{ кПа};$$

$$p_5^{\text{max}} = \frac{p_a (l_5 + l_6)}{2b} = \frac{17,98 \cdot (119,4 + 118)}{2 \cdot 12} = 178 \text{ кПа};$$

$$p_6^{\text{max}} = \frac{p_a (l_6 + l_7)}{2b} = \frac{17,98 \cdot (118 + 118)}{2 \cdot 12} = 177 \text{ кПа}$$

При расчете к стойкам прикладывалось давление, изменяющееся от нуля в верхней части стойки до максимального значения у ее основания. Градиенты изменения давления для каждой стойки

$$dp_i = \frac{P_i^{\max}}{y_{\max}};$$

$$dp_1 = -\frac{164}{2,78} = -59,0 \frac{\text{кПа}}{\text{м}}; \quad dp_2 = -\frac{169}{2,78} = -60,8 \frac{\text{кПа}}{\text{м}};$$

$$dp_3 = -\frac{176}{2,78} = -63,3 \frac{\text{кПа}}{\text{м}}; \quad dp_4 = -\frac{159}{2,78} = -57,2 \frac{\text{кПа}}{\text{м}};$$

$$dp_5 = -\frac{178}{2,78} = -64,0 \frac{\text{кПа}}{\text{м}}; \quad dp_6 = -\frac{177}{2,78} = -63,7 \frac{\text{кПа}}{\text{м}}.$$

Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров автосцепного устройства и пятников.

После проведения расчета были получены значения напряжений для всех конечных элементов металлоконструкции кузова платформы (рисунок 2). В таблице 1 приведены максимальные значения эквивалентных напряжений по основным конструктивным группам элементов вагона.

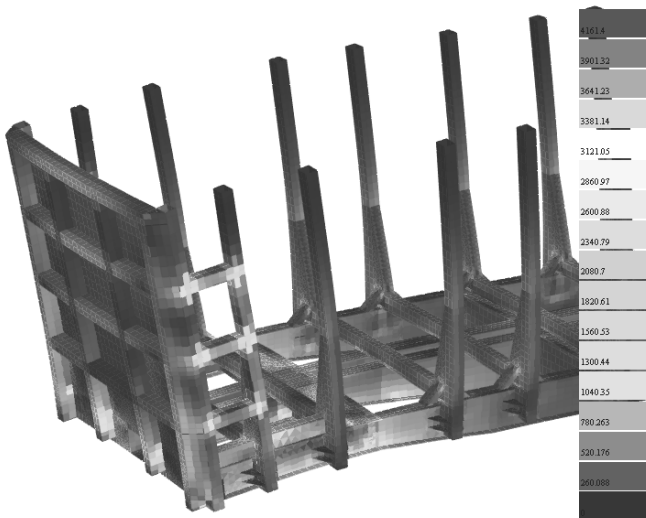


Рисунок 2 – Распределение напряжений в кузове вагона при ударе

Таблица 1 – Значения максимальных напряжений по конструктивным группам металлоконструкции кузова

Наименование конструктивной группы	Расчетные эквивалентные напряжения, МПа	Допускаемые напряжения, МПа	Коэффициент перегрузки
1 Хребтовая балка	293,6	295	0,99
2 Шкворневая балка	289,2	295	0,98
3 Концевая балка	283,8	295	0,96
4 Боковая балка	278,5	295	0,94
5 Промежуточная поперечная балка	158,7	295	0,54
6 Лесная рама	340	345	0,98
7 Подкрепляющие элементы лесных рам	344,5	345	0,99
8 Стойки торцевого щита	327,8	345	0,95
9 Горизонтальные пояса торцевого щита	179,4	345	0,52
10 Боковая часть торцевой стены	344,7	345	0,99

Максимальные эквивалентные напряжения в хребтовой балке возникают в зоне, находящейся за узлом сочленения со шкворневой балкой в нижней части (293,6 МПа). Шкворневая балка максимально нагружена в области соединения с дополнительной продольной балкой в консольной части вагона (289,2 МПа). Наиболее нагруженная область у концевой балки – зона сочленения с хребтовой балкой в верхней части (283,8 МПа). В боковой балке высокие напряжения (278,5 МПа) зафиксированы в нижней полке в области сочленения со шкворневой балкой. Максимальные эквивалентные напряжения в лесной раме возникают в области соединения стойки с основанием при первой лесной раме и достигают 340 МПа.

К наиболее нагруженным следует отнести подкрепляющие швеллеры раскосы лесных рам, где в зоне соединения с боковой балкой напряжения составляют 344,5 МПа. Зона максимальных эквивалентных напряжений в стойках торцевого щита находится в месте соединения с консольной балкой (327,8 МПа).

В зоне сочленения боковой части торцевой стены с угловой стойкой, а также в зоне крепления усиливающего элемента боковой балки с ребром жесткости лесной стойки, относящейся к боковой части торцевой стены максимальные напряжения близки к пределу текучести материала и составляют 333,8 и 344,7 МПа, соответственно.

Результаты расчета показали, что при ударном нагружении кузова вагона-платформы для перевозки лесных грузов модели 17-494-01 значения расчетных эквивалентных напряжений не превышают допускаемых, что соответствует требованиям «Норм...» [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колес 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.

Получено 31.11.2007

**ISBN 978-985-468-405-5. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 2. Гомель, 2008**

УДК 621.01

Е. С. ТЕМИРБЕКОВ, М. У. ИСМАГАМБЕТОВ, Б. Ж. КУАТОВ
ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПОДМОСТЕЙ

Целью инновационной разработки (ИР) является создание и серийное производство типоразмерного ряда новых конструкций легких, мобильных, компактных, простых в изготовлении и эксплуатации подмостей с высотой подъема основания рабочей площадки от 1,6 до 6,6 метра. Проведен патентный анализ по изобретениям схем подмостей. Из множества вариантов самыми удачными оказались подмости на базе схемы «нюрнбергских ножниц». Для улучшения конструкции в них была введена дополнительная ползунная кинематическая пара, расположенная на жесткой вертикальной направляющей. Разработана и изготовлена проектно-конструкторская технологическая документация и проведены испытания подмостей ПМД-2,2.

Целью инновационной разработки (ИР) является создание и серийное производство типоразмерного ряда новых конструкций легких, мобильных, компактных, простых в изготовлении и эксплуатации подмостей с высотой подъема основания рабочей площадки от 1,6 до 6,6 метра, предназначенных для ремонтно-технических, строительного-монтажных и вспомогательных работ внутри и снаружи промышленных и жилых помещений зданий и сооружений. Данный проект направлен на создание и расширение отечественных производств новой техники машиностроительной и строительной отраслей. Ожидаемые результаты проекта направлены на реализацию стратегии индустриально-инновационного развития РК на 2003 – 2015 годы, основной целью которой является достижение устойчивого развития страны путем отхода экономики от сырьевой направленности.

Комплексная механизация подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных, строительного-монтажных, ремонтно-профилактических и других подобных им работ – одна из важнейших хозяйственных и социальных задач. Объем таких работ с каждым годом все более возрастает. Несмотря на