

предподступичной, подступичной и средней частей соответственно 130, 165, 194 и 170 мм. Последующие расчеты выполнялись с уменьшением диаметров основных частей оси с шагом 1–2 мм.

В процессе расчета по каждому варианту производилась оценка статической и усталостной прочности для пяти расчётных сечений по длине оси:

- 1–1 – по внутренней кромке кольца заднего подшипника (начало разгружающей канавки);
- 2–2 – по галтели шейки оси;
- 3–3 – в плоскости круга катания;
- 4–4 – посередине оси;
- 5–5 – по галтели в месте перехода от подступичной части к средней.

Оценка статической прочности производилась сравнением расчетных напряжений с допускаемыми, усталостной прочности – сравнением расчетных коэффициентов запаса усталостной прочности с допускаемым коэффициентом ($n = 2,3$).

Анализ результатов расчета типовой оси типа РУ1Ш показал следующее:

- конструкция оси является неравнопрочной, так как для каждого расчётного сечения напряжения и коэффициенты запаса усталостной прочности различны;
- наибольшие напряжения (76,44 МПа) и наименьший коэффициент запаса усталостной прочности (2,98) имеют место в сечении 3–3;
- наименее нагруженным является сечение 4–4 (расчетное напряжение – 58,31 МПа, расчетный коэффициент запаса усталостной прочности – 5,94).

При уменьшении диаметра шейки до 115 мм и диаметра подступичной части до 180 мм расчетное сечение 2–2 перестало удовлетворять требованиям статической и усталостной прочности ($\sigma = 103$ МПа, $n = 2,16$), сечение 3–3 – требованиям усталостной прочности ($n = 2,28$).

Соответственно уменьшение диаметра средней части оси до 135 мм привело к получению расчетного коэффициента запаса усталостной прочности ($n = 2,29$) ниже допускаемого.

В результате выполнения вариантных расчетов установлены диаметры шейки, подступичной и средней частей оси, удовлетворяющие условиям статической и усталостной прочности. Они равны 118, 182 и 136 мм. Итоговые данные для полученного варианта сведены в следующую таблицу:

| Расчетные сечения | Напряжения, МПа | Коэффициент запаса усталостной прочности |
|-------------------|-----------------|--|
| 1-1 | 78,147 | 3,339 |
| 2-2 | 96,462 | 2,355 |
| 3-3 | 92,184 | 2,365 |
| 4-4 | 116,133 | 2,401 |
| 5-5 | 123,918 | 2,054 |

Переход к конструкции оси с уменьшенными диаметрами основных частей позволит снизить массу оси, следовательно, и массу вагона. В результате уменьшится динамическое воздействие вагона на путь.

УДК 629.463

К ВОПРОСУ О НАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ БОКОВОЙ СТЕНЫ КРЫТЫХ ВАГОНОВ-ХОППЕРОВ

А. В. ПИГУНОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Д. С. СИЛЬЧЕНКОВ

Белорусская железная дорога

Крытые вагоны-хопперы, предназначенные для перевозки насыпных грузов, получили широкое распространение. На сегодняшний день наиболее массовыми являются вагоны для перевозки цемента (модели 11-715, 11-758), минеральных удобрений (модели 11-740, 19-923) и зерна (модели 11-739, 19-752). При этом все вагоны имеют однотипные конструкции, отличающиеся в основном количеством бункеров и направлением разгрузки груза (наружу или вовнутрь вагона). Также наблюдаются отличия в конструкции загрузочных люков крыши.

Боковые стены имеют однотипную конструкцию. Как правило, у всех моделей вагонов они изготовлены из гофрированной обшивки, подкрепленной каркасом, в состав которого входят верхняя и нижняя обвязки и набор вертикальных стоек. Стойки боковой стены у хопперов-цементовозов и хопперов-зерновозов имеют одинаковое поперечное сечение в виде двутавра № 10, а у хопперов-минераловозов – в виде омегаобразного профиля. При этом поперечное сечение остается неизменным по всей высоте боковой стены.

В последнее время Днепродзержинский вагоностроительный завод (ВСЗ) разработал целое семейство вагонов-хопперов для перевозки минеральных удобрений и зерна. Конструкция кузова собирается из крупных однотипных сборочных единиц – модулей. Основными модулями являются: боковая стена с загнутой верхней частью, которая стыкуется с блоком, включающим в себя загрузочные люки крыши; торцевая стена; бункеры с различными вариантами разгрузки и рама. При этом конструкция боковой стены выполняется из гладкого или гофрированного листа, который подкреплен стойками, выполненными из гнутого швеллера одинакового поперечного сечения по всей высоте стены.

Также Крюковским и Могилевским ВСЗ разработаны конструкции вагонов-хопперов каплевидной формы. Однако данная форма поперечного сечения кузова не позволяет максимально полезно реализовать пространство габарита подвижного состава при существенном выигрыше в прочностных характеристиках стены.

Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод, что конструкции боковых стен наиболее распространенных моделей вагонов-хопперов имеют идентичную конструкцию, состоящую из обшивки, подкрепленной стойками. При этом длина неподкрепленной части обшивки боковой стены составляет от 760 мм (у минераловоза модели 11-740) до 880 мм (у цементовоза модели 11-758).

Как известно, боковые стены вагонов-хопперов загружены самоуравновешенной нагрузкой от давления распора сыпучего груза. При этом максимальная величина давления находится у основания боковой стены, а минимальная – у верхней обвязки.

С учетом особенности нагружения элементов боковой стены была разработана конструкция с уменьшенным числом стоек (6 вместо 8). Стойки выполнены из гнутого швеллера переменного сечения по высоте. Длина участков неподкрепленной обшивки увеличилась и составила 1110 мм.

Для проверки прочностных характеристик предложенной конструкции, была составлена расчетная конечноэлементная модель цельнонесущего кузова вагона-минераловоза. Для моделирования использовались плоские пластинчатые трех- и четырехугольные элементы. Расчеты производились с использованием программного пакета DSMFEM на сочетании нагрузок, соответствующих I и III расчетным режимам.

Полученные расчетные напряжения не превысили допустимых для соответствующего расчетного режима. Таким образом, данная конструкция удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям по условию прочности.

УДК 621.891

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ МЕЛКОРАЗМЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА

А. Н. ПОПОВ, И. П. КАЗАЧЕНКО, С. В. ЩЕРБАКОВ, Н. И. СЕМЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Как известно, ведущие зарубежные фирмы металлообрабатывающей промышленности до 85 % выпускаемых режущих инструментов упрочняют износостойкими покрытиями. При этом износостойкость режущего инструмента увеличивается в 1,8–10 раз. В отечественной промышленности централизованный выпуск режущих инструментов с износостойкими покрытиями слабо развит, а имеющиеся рекомендации по их применению зачастую противоречивы и не охватывают весь спектр инструментальных материалов.

В настоящее время износостойкие покрытия наносятся на твердосплавные пластины и крупногабаритный инструмент. При нанесении упрочняющих покрытий на мелкогабаритный инструмент во многих случаях происходит притупление кромок, что ряд авторов объясняют их перегревом и стравливанием в результате бомбардировки массивными каплями испаряемого металла.

Целью настоящей работы является оценка эффективности нанесения многослойных и легированных покрытий на мелкогабаритный инструмент с целью повышения его ресурса.

В работе изучались покрытия нитрида титана, алмазоподобные покрытия (АПП), легированные титаном углеродные покрытия ($Ti + C$) и слоистые покрытия ($Ti - АПП$), состоящие из чередующихся слоев титана и