

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 сочетания 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

АПП. Покрытия наносились на сверла малых диаметров (0,3–1,0 мм), изготовленных из твердого сплава и быстрорежущей стали, и штампы (сталь 9ХС) для изготовления корпусов микросхем.

Для получения покрытий была использована серийная установка вакуумного напыления «УВНИПА-1-001». Триботехнические испытания проводились по схеме "плоскость – ролик" и "сфера – плоскость". Также проводились опытно-промышленные испытания.

Результаты триботехнических и промышленных испытаний показали, что наилучшими противозносными свойствами обладает слоистое покрытие из чередующихся слоев титана и углерода.

При нанесении покрытий TiN по традиционной технологии происходит более быстрое затупление режущих кромок, поврежденных при формировании покрытия нитрида титана. Нанесение композиционного покрытия C + Ti также приводит к снижению стойкости, хотя в этом случае повреждения режущей кромки при нанесении покрытия не происходило. Известно, что легированные титаном углеродные покрытия имеют высокий коэффициент трения, который может превышать 1,0. Поэтому в зоне трения должны возникать повышенные температуры, приводящие к быстрому затуплению. При использовании слоистых покрытий (Ti-АПП) происходит значительное увеличение ресурса работы инструмента (до 3 раз), повышение качества обрабатываемой поверхности и производительности.

Работа выполнена при частичной поддержке задания ГКПНИ «Механика 2.40.1.»

УДК 629.463

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ КУЗОВА ВАГОНА СЫПУЧИМ ГРУЗОМ В ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ПОСТАНОВКЕ

А. В. ПУТЯТО, В. В. БЕЛОГУБ

Белорусский государственный университет транспорта

Среди огромного объема перевозимых по железной дороге грузов значительную часть занимают сыпучие грузы. Для их доставки используют главным образом полувагоны, крытые вагоны и вагоны бункерного типа. В процессе эксплуатации кузова этих вагонов подвергаются существенным динамическим воздействиям со стороны транспортируемого груза.

В настоящее время при оценке прочности кузовов вагонов нагрузки от воздействия сыпучего груза устанавливаются «Нормами для расчета ...». Рассматривая варианты нормативного силового нагружения торцевой стены полувагона, начиная с «Норм ...» 1971 г., видим, что указанные нагрузки существенно отличаются друг от друга и базируются, в основном, на экспериментальных исследованиях и методах расчета строительной механики сыпучих тел с рядом упрощений, не вполне соответствующих физической природе процесса.

Дальнейшее уточнение проектировочных расчетов кузовов грузовых вагонов, перевозящих сыпучие грузы, может быть достигнуто путем проведения исследований, связанных с анализом взаимодействия элементов конструкции с сыпучим грузом и привлечением современных методов вычислительной техники.

В настоящее время среди существующих подходов к моделированию сыпучих (гранулированных) сред можно выделить два основных направления: моделирование сыпучей среды как континуальной системы и моделирование сыпучей среды как системы твердых тел.

Целью настоящей работы является апробация применения второго подхода к оценке нагруженности кузова грузового вагона сыпучим грузом. Для решения поставленной задачи разработана квазиплоская твердотельная динамическая модель, состоящая из кузова размером $12 \times 2 \times 0,4$ м, представленного пятью абсолютно твердыми пластинами, в котором находится 150 сферических гранул $\varnothing 0,4$ м с плотностью материала 1300 кг/м^3 . Для обеспечения взаимодействия гранул друг с другом и с элементами кузова в модели задано 605 контактных пар, причем статический коэффициент трения среды «гранула – гранула» равен 0,58, а среды «гранула – кузов» – 0,3. Рассматривался случай ударного взаимодействия кузова (согласно «Нормам...» $a^T = -3,5g$) при движении с начальной скоростью 10 м/с на протяжении 0,3 с.

В разработанной математической модели сила трения $F_{\text{тр}}$ определяется законом Кулона, в свою очередь нормальная сила N представляет собой аналог механического пружинного демпфера и определяется зависимостью $N(n, \dot{n}, k, c, d)$. Здесь n , \dot{n} – перемещение и скорость в направлении нормальной силы, k – жесткость,