

Рисунок 1 – Технико-экономический метод

3) определить вклад каждой операции в достижение оптимальной периодичности ТО, т.е. достижение оптимальных характеристик перечня осуществляется за счет ухудшения характеристик других операций перечня;

4) создаются предпосылки для оптимизации перечня, т.к. для каждой операции перечня возможно установить диапазон, в котором отклонения периодичности от оптимальной допустимы, а при назначении периодичности ТО вне этого диапазона должно рассматриваться решение об исключении этой операции из перечня. Иначе говоря, создаются предпосылки для дальнейшего развития процедур автоматизированного проектирования нормативов системы ТО и ремонта при определении и оптимизации перечня операций и периодичностей ступеней ТО, а также при синтезе структуры системы ТО и ремонта.

УДК 629.45.001

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ КУЗОВА ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА ПРИ ПРОДОЛЬНЫХ АВАРИЙНЫХ СОУДАРЕНИЯХ

В. В. КОБИЩАНОВ, А. А. АЗАРЧЕНКОВ, Д. Ю. РАСИН
Брянский государственный технический университет

В соответствии с рекомендациями Норм и проекта EU/UIC SAFETRAN «Безопасность при столкновениях европейского железнодорожного подвижного состава, дизайн и защита пассажирского несущая конструкция кузова пассажирского вагона должна исключать возможность возникновения больших сжимающих деформаций в зонах нахождения пассажиров и обслуживающего персонала при продольных аварийных столкновениях с высокими скоростями. При соударениях от кузова не должны отрываться части его конструкции или элементы оборудования, что способствует снижению опасности схода вагонов с рельсов.

Целью работы является математическое моделирование нагруженности кузова пассажирского вагона с учетом внутреннего и навесного оборудования, оценка его напряженно-деформированного состояния в процессе аварийного соударения состава поезда с препятствием.

Предлагаемая методика процедуру расчета разбивает на два этапа: 1) определение динамических усилий, действующих на кузов при продольном соударении; 2) оценка его напряженно-деформированного состояния, включая зоны установки оборудования, с помощью конечноэлементной схемы.

Динамические усилия определяются на основе твердотельной динамической модели вагона, созданной на кафедре «Вагоны» БГТУ в среде программного комплекса «Универсальный механизм». Модель вагона выполнена в виде подсистем и включает в себя следующие основные элементы: тележки, кузов, автосцепные и буферные устройства. Все подсистемы представлены в виде абсолютно жестких тел, соединенных между собой шарнирами и контактными силами. Для учета продольной податливости кузова его модель составлена из трех твердых тел, последовательно соединенных друг с другом упругими связями.

В качестве объекта исследования принят кузов скоростного пассажирского вагона модели 1841-70 Тверского вагоностроительного завода с двухслойной обшивкой боковых стен.

Рассмотрен случай соударения состава, состоящего из локомотива и пяти однотипных пассажирских вагонов с жестким неподвижным препятствием на скорости 20 км/ч.

В основу построения динамической модели аварийного соударения кузовов вагонов положено соображение, что продольная ударная нагрузка, приложенная к одному концу кузова вагона в составе, приводит к эффекту его подскока. Очевидно поэтому Нормы рекомендуют рассчитывать противоударные стойки торцевой стены пассажирского вагона от действия сосредоточенных усилий на высоте 0,5 м от нижней опоры. С учетом этого разработана динамическая модель, в которой имеется упругая концевая часть кузова вагона-упора, повернутая на соответствующий угол и жестко закрепленная в пространстве по плоскости сечения, и упругий кузов исследуемого вагона-бойка (рисунок 1).

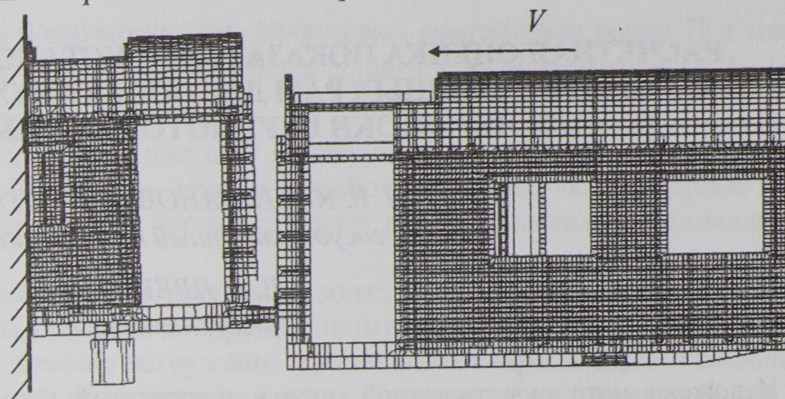


Рисунок 1 – Расчетная схема аварийного соударения кузовов вагонов в составе поезда

Рассматривается взаимоположение вагона-упора и вагона-бойка в момент времени, когда расцепление автосцепок произошло, голова автосцепки вошла в дверной проем, буферные тарелки вагона-упора готовы вступить в контакт с вагоном-бойком, который накатывается на упор с аварийной скоростью.

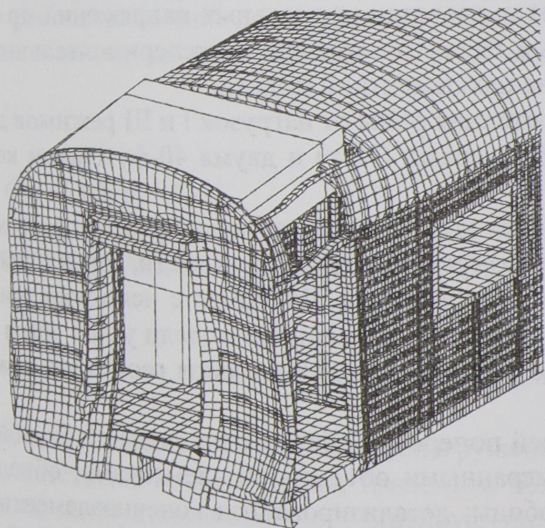


Рисунок 2 – Деформированное состояние концевой части кузова при аварийном продольном соударении

Конечноэлементная модель кузова вагона образована пластинчатыми треугольными и четырехугольными конечными элементами размерами 80×80 мм. Число степеней свободы схемы МКЭ составило 664900. Отдельно смоделировано внутреннее и навесное оборудование, имеющее значительный вес (кондиционер, бойлер, пульт управления, низковольтный ящик, высоковольтный ящик, аккумуляторный бокс, преобразователь, бак для воды, фекальный бак), путем включения их в общую схему МКЭ кузова твердотельными объемными конечными элементами в виде параллелепипедов с реальными инерциальными характеристиками. В зоне пятниковых узлов введены связи от перемещения в вертикальном направлении. Расчет осуществлялся на интервале времени 0–0,25 с шагом интегрирования $3,6 \times 10^{-7}$ с.

На рисунке 2 показано расчетное деформированное состояние концевой части кузова при аварийном

продольном соударении, из которого видно, что ряд элементов концевой части кузова получил пластические деформации, обшивка крыши за проемом под кондиционер потеряла устойчивость, сам кондиционер сместился в продольном направлении на определенную величину. Вместе с тем тамбурная перегородка купе проводника и первая перегородка салона больших деформаций не имеют.

Выполнено исследование учета в динамической модели кузова оборудования в виде твердых тел, соединенных с упругой частью элементами крепления. Показано, что по сравнению с «размыванием» оборудования по конечноэлементной схеме предлагаемый учет приводит к повышению напряжений в соответствующих несущих элементах кузова в 2–3 раза.

Рассмотренная методика моделирования продольных соударений пассажирских вагонов в составе поезда позволяет прогнозировать аварийную нагруженность вагона в целом и кузова как упругой системы, оценивать прочность узлов крепления внутреннего и навесного оборудования и выбирать рациональные технические решения, обеспечивающие безопасность движения и безопасность пассажиров.

УДК 629.4

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНЫХ РАМ ДЛИННОБАЗНЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

В. В. КОБИЩАНОВ, Д. Я. АНТИПИН

Брянский государственный технический университет

В. В. ДВЕРНИКОВ

ОАО «Алтайвагон»

Изложена методика расчетной оценки показателей усталостной долговечности сварных рам длиннобазных платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров. В качестве объекта исследования рассмотрена рама длиннобазной платформы для перевозки крупнотоннажных контейнеров модели 13-2118 производства ОАО «Алтайвагон».

Несущая способность сварной конструкции рамы платформы оценивалась с помощью детализированной конечноэлементной модели, включающей 54028 трех- и четырехузловых пластинчатых элемента, объединенных в 54732 узлах, и имеющей 328392 степени свободы. Верификация модели осуществлена с использованием результатов статических испытаний от веса трех 20-футовых контейнеров (72 т) и нагружении рамы по осям автосцепок продольными сжимающими усилиями 250 т, проведенных ОАО «Алтайвагон». Сопоставление результатов расчетов нормальных напряжений по сечениям элементов рамы, а также прогиба продольных балок посередине с экспериментальными данными подтвердила адекватность разработанной конечноэлементной модели.

Проведен расчет напряженно-деформированного состояния рамы от нагрузок I и III режимов для случаев загрузки платформы тремя 20-футовыми контейнерами (72 т) и двумя 40-футовыми контейнерами (60,96 т).

Кроме соответствующей экспертной оценки прочности конструкции, детально рассмотрено местное напряженное состояние наиболее нагруженных узлов рамы в консольной части, зонах шкворневой балки и пересечения средней поперечной балки с продольной. Для этого с использованием процедуры поэтапного выделения областей разработаны конечноэлементные модели узлов рамы со сгущением сетки объемных конечных элементов до возможности моделирования геометрии и жесткостных свойств сварных швов.

Конечноэлементная модель зоны соединения средней поперечной балки с продольной балкой и раскосами образована 23993 четырех-, пяти- и шестигранными объемными элементами, объединенными в 4526 узлах, и имеет 269×10^3 степеней свободы; детализированная конечноэлементная модель концевой части, включающая в себя концевую, шкворневую, первую поперечную, хребтовую и консольные части продольных балок сформирована 56762 четырех-, пяти- и шестигранными объемными конечными элементами, объединенными в 102286 узлах, и имеет 613716 степеней свободы. В результате расчетов выделенных областей рамы определены эквивалентные напряжения в наиболее нагруженных сварных соединениях, для которых рассчитаны сроки службы до наступления предельного состояния по признаку усталостного разрушения (усталостная трещина – более 10–15 мм). Расчеты ресурса сварной несущей конструкции платформы осуществлялись с помощью разработанной программы, включающей процедуру уточненного определения коэффициентов концентрации напряжений в зонах сварных соединений.