

предупредительных ремонтов, широко распространенных в локомотивных депо, к системе оценки оборудования по фактическому техническому состоянию.

Для установления изменений, происходящих в фазах АЭД при МКЗ, был поставлен ряд экспериментов. В качестве испытуемого образца были использованы АД серий 4А и АИР мощностью 0,12; 0,18; 1,5; 1,7 кВт. Проведение эксперимента позволило осуществить следующее:

- понять процедуру действий по предотвращению опасного отказа при возникновении МКЗ;
- определить минимум необходимого оборудования для обнаружения данной неисправности;
- унифицировать проведение диагностики для машин малой, средней и большой мощности.

Повреждение изоляции статорных обмоток контролировалось с помощью измерения сопротивления и составления пропорции для оценки процента короткозамкнутых витков.

Таким образом, при разработке метода обнаружения МКЗ в обмотках трансформаторов и АД при работе под нагрузкой на основе СНС решены следующие задачи [1, 2].

1 Реализованы архитектуры сверточных нейронных сетей с использованием изображений, полученных при работе трехфазного АД под нагрузкой, средняя точность которых на разных наборах данных превысила 0,98.

2 Разработан метод обнаружения межвитковых замыканий в обмотках трансформаторов и АД с помощью искусственных нейронных сетей при работе под нагрузкой и в режиме холостого хода по частотным характеристикам с помощью сверточных нейронных сетей.

3 Представлена схемотехническая реализация системы диагностирования, реализующая метод обнаружения короткозамкнутых витков в обмотках статора асинхронных двигателей.

#### Список литературы

1 Галушко, В. Н. Система диагностирования неисправностей трансформаторов на основе сверточных нейронных сетей / В. Н. Галушко, А. В. Дробов, И. Л. Громыко // Энергетическая стратегия. – 2023. – № 4 (94). – С. 46–51.

2 Галушко, В. Н. Диагностика асинхронного двигателя с применением виброанализатора и сверточной нейронной сети / В. Н. Галушко, А. В. Дробов, Д. В. Мирош // Энергетическая стратегия. – 2024. – № 1 (97). – С. 38–42.

УДК 533.6.011:004.94

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ СЦЕПА ПЛАТФОРМ С ГРУЗАМИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

*М. Г. ГЕГЕДЕШ*

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*А. В. ВОРОЖУН*

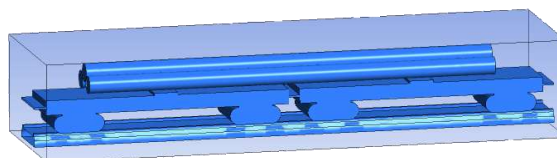
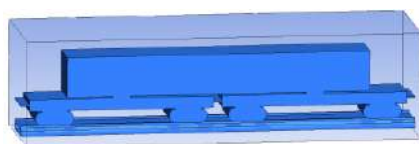
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Аэродинамические характеристики железнодорожных составов являются ключевыми факторами, влияющими на оптимизацию конструкции транспортных средств и обеспечение их безопасной эксплуатации, особенно при движении на высоких скоростях. Обтекающие вокруг вагонов и грузов воздушные потоки могут вызывать дополнительные аэродинамические нагрузки, которые воздействуют на устойчивость состава, параметры сопротивления движению и взаимодействия элементов сцепа вагонов, что необходимо оценивать при анализе динамики подвижного состава.

Целью представленной работы является анализ распределения воздушных потоков вокруг сцепа вагонов с размещенным грузом различной высоты с применением программного комплекса для инженерных расчетов ANSYS.

Разработаны модели сцепа железнодорожных платформ базой 9720 мм без вагонов прикрытия. При этом рассматривались грузы различной конфигурации (рисунок 1, а). Произведены расчеты для случаев изменений направления ветра на угол 30, 45, 60 и 90° по отношению к продольной оси сцепа (рисунок 1, б), что позволяет изучить влияние различных атмосферных условий на аэродинамические параметры сцепа.

а)



б)

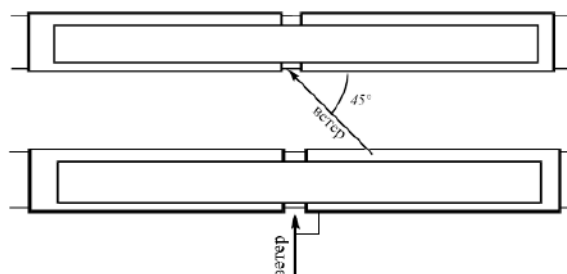
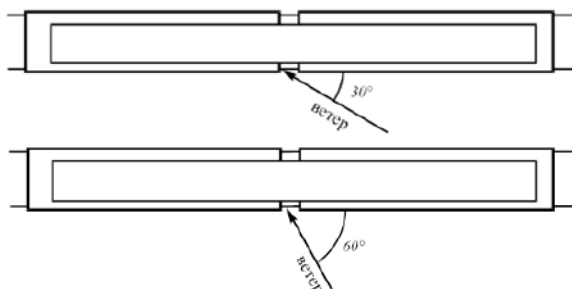


Рисунок 1 – Рассмотренные виды перевозимых грузов (а)  
и расчетные случаи обтекания счепа вагонов с грузом воздушными массами (б)

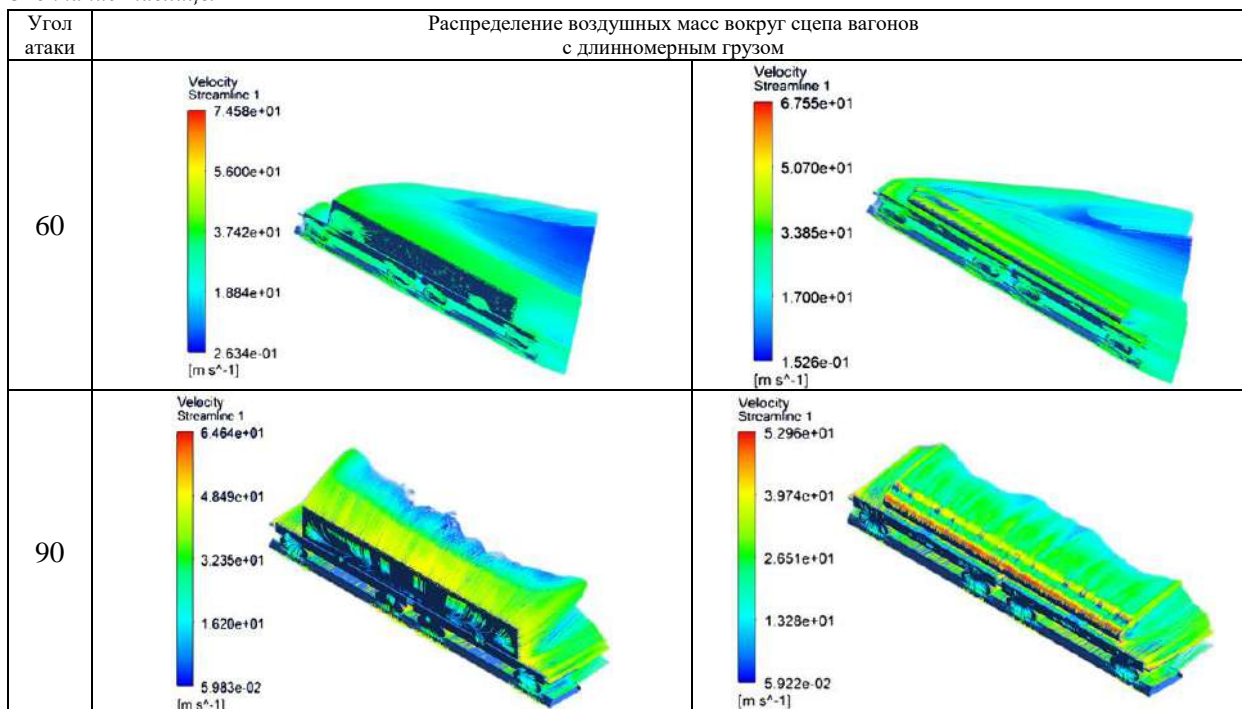
Моделирование выполнено в условиях, приближенных к реальным, с учетом максимальной скорости ветра в регионе (36 м/с). Для боковых и верхней поверхности расчетной области задано условие открытой границы, значение давления на этой границе принято равным нулю. На поверхности расчетной области (поверхности вагона) использовано условие жесткой стенки, связанное с наличием непроницаемых границ для потока, для которых дополнительно задано условие прилипания, что соответствует равенству нулю скорости потока на границе. Интенсивность турбулентности обратного потока установлена равной 1 %. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Максимальные скорости завихрения достигают при угле атаки 60° и составляют 7,458 м/с для груза с прямоугольной наветренной поверхностью и 6,755 м/с – для цилиндрических грузов; минимальные скорости – при угле атаки 30°: 5,638 м/с – для груза с прямоугольной наветренной поверхностью и 4,941 м/с – для цилиндрических грузов.

Таблица 1 – Результаты расчетов скоростей воздушных потоков, огибающих счеп с грузом

Угол атаки	Распределение воздушных масс вокруг счепа вагонов с длинномерным грузом	
30		
45		

Окончание таблицы 1



Таким образом, при изменении угла атаки воздушных потоков по отношению к подвижному составу наблюдаются завихрения, которые приводят к неравномерности нагрузок, действующих на его конструкцию, что может привести к возникновению вибраций и колебаний, а также оказывают влияние на устойчивость поезда, особенно при высоких скоростях движения поезда и перевозке несимметричных, негабаритных и имеющих сложную геометрию грузов. Нестабильные потоки воздуха могут вызывать отклонения от курса, что увеличивает риск аварийных ситуаций.

УДК 629.4.027:004.94

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БОКОВОЙ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ВАГОНА

М. Г. ГЕГЕДЕШ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Н. В. КОМАРОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Р. В. РАХИМОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Прочность и надёжность несущих элементов железнодорожного подвижного состава напрямую влияет на безопасность перевозок и долговечность эксплуатации вагонов. Одним из основных конструктивных элементов тележки является боковая рама, воспринимающая нагрузки от кузова вагона и передающая их на буксовые узлы и рельсовый путь. В процессе эксплуатации боковая рама подвергается значительным статическим и динамическим воздействиям, что может приводить к возникновению усталостных повреждений. Для повышения надёжности и сокращения объёмов натурных испытаний на этапе проектирования и прогнозирования остаточной долговечности широко применяется численное моделирование с использованием, например, метода конечных элементов.

Целью представленной работы является сравнение результатов натурных испытаний и конечноэлементных расчетов, полученных с помощью специализированных программных инженерных пакетов.