

В работе предложена версия единого критерия, который может быть использован при расчетах усталости по вероятностному подходу для всех типов подвижного состава при расчете срока службы, вероятности разрушения или коэффициента запаса сопротивления усталости. Представлен упрощенный вид критерия, полученный с помощью нормирования действующих амплитуд не по максимальному значению напряжений из блока нерегулярного нагружения, а по значению предела выносливости.

Список литературы

- 1 Пути повышения прочности несущих конструкций экипажей несамоходных пассажирских вагонов / В. В. Кочергин, А. А. Буханцев, О. А. Русанов, К. В. Колесников // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2020. – № 1 (49). – С. 44–49. – EDN: <https://www.elibrary.ru/cvbyzi>.
- 2 Гучинский, Р. В. Сопоставление детерминистических подходов к оценке усталости сварных соединений экипажной части / Р. В. Гучинский // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2022. – № 3 (59). – С. 50–57. – EDN: <https://www.elibrary.ru/awnniv>.
- 3 Guchinsky, R. V. Uncertainties in fatigue assessment of structures in design and in service / R. V Guchinsky, S. V. Petinov // Herald of the Ural State University of Railway Transport. – 2021. – Vol. 4. – P. 35–44. – EDN: <https://doi.org/10.20291/2079-0392-2021-4-35-44>.
- 4 Гучинский, Р. В. Разработка узла конструкции судна по условию усталостной долговечности / Р. В. Гучинский, С. В. Петинов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2012. – № 4 (159). – С. 177–186. – EDN: <https://www.elibrary.ru/plukcv>.
- 5 Когаев, В. П. Прочность и износостойкость деталей машин : учеб. пособие для машиностр. спец. вузов / В. П. Когаев, Ю. Н. Дроздов. – М. : Выш. шк., 1991. – 319 с.

УДК 533.6.011:004.94

ОБТЕКАНИЕ ПОТОКОМ ВОЗДУХА ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ

О. В. ДЕМЬЯНЧУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Аэродинамическое сопротивление составляет значительную долю в общем сопротивлении движению железнодорожного подвижного состава. Развитие цифровизации процессов при эксплуатации транспортных средств требует наличия уточненной информации об аэродинамических силах, действующих на железнодорожный подвижной состав.

В настоящее время неоспоримые преимущества контейнерных перевозок (универсальность использования контейнеров, высокая степень сохранности груза, отсутствие необходимости перегрузки груза) способствовали росту рынка таких перевозок. Для Республике Беларусь также характерна тенденция роста контейнерных перевозок [1].

Увеличение объемов железнодорожных контейнерных перевозок, а также наличие различных вариантов размещения контейнеров на вагонах-платформах вызывают необходимость исследования аэродинамики вагонов-платформ, загруженных контейнерами. Авторами [2] приводится случай, при котором на мосту в результате действия сильного бокового ветра произошло опрокидывание вагонов, загруженных контейнерами, поэтому существует необходимость проведения исследований подобных случаев для предотвращения их возникновения. Оценка по результатам натурных испытаний аэродинамических характеристик погруженных на платформы контейнеров, приведенная в работе [3], позволила установить, что распределение давления на переднюю и заднюю поверхности контейнеров хорошо согласуется с результатами выполненного компьютерного моделирования, которое позволяет выполнять исследования аэродинамики транспортных средств с достаточной точностью при сравнительно невысокой стоимости.

Моделирование обтекания воздушным потоком порожней платформы и платформы, загруженной 40-футовым контейнером, выполнено с использованием программного комплекса ANSYS Fluent при параметрах, установленных в работе [4].

Численное моделирование выполнялось на основе решения уравнения неразрывности и осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса, для замыкания которых была использована модель турбулентности $k-\epsilon$.

Одним из параметров качества конечно-элементной сетки является безразмерное расстояние от стенки y^+ . Параметр y^+ отвечает за использование пристеночных функций в моделях турбулентности и рассчитывается по формуле

$$y^+ = \frac{\Delta y \cdot u_\tau}{v},$$

где Δy – высота (толщина) элемента, расположенного на стенке; u_τ – скорость трения (равна корню из отношения напряжения трения на стенке к плотности среды: $u_\tau = \sqrt{\tau_w / \rho}$); v – кинематическая вязкость.

Для модели турбулентности $k-\epsilon$ рекомендуется выдерживать значение параметра y^+ в диапазоне 30–300 [5]. На рисунке 1 представлено распределение параметра y^+ на поверхности вагона-платформы, из которого видно, что значение данного параметра не превышает 183. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о достаточном уровне точности, который обеспечивается при используемой модели турбулентности.

На основании полученных по результатам моделирования значений аэродинамических сил определены значения коэффициента аэродинамического сопротивления C_x , который вычисляется по формуле [6]

$$C_x = \frac{2F}{\rho v^2 A},$$

где F – значение силы, действующей на тело при обтекании его воздухом, Н; ρ – плотность воздуха, кг/м³; v – скорость потока воздуха, м/с; A – площадь поперечного сечения обтекаемого тела, м².

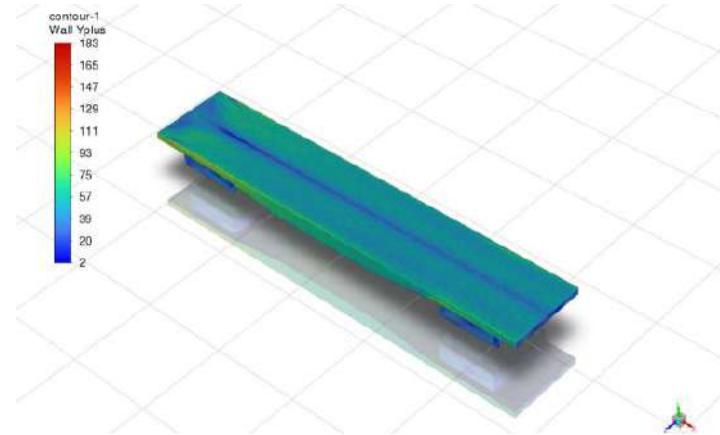


Рисунок 1 – Распределение параметра y^+ на поверхности вагона-платформы

Значения коэффициентов аэродинамического сопротивления составили 1,110 и 0,962 для порожней и груженой платформы соответственно. Отметим, что значение силы аэродинамического сопротивления для порожней платформы в 3,5 раза меньше по сравнению с груженой, однако вследствие меньшей площади поперечного сечения коэффициент аэродинамического сопротивления принимает более высокое значение.

Анализ картин линий тока вблизи вагона-платформы показал наличие вихревых потоков за тележками вагона, а для случая платформы, загруженной 40-футовым контейнером, также и в хвостовой части контейнера (рисунок 2).

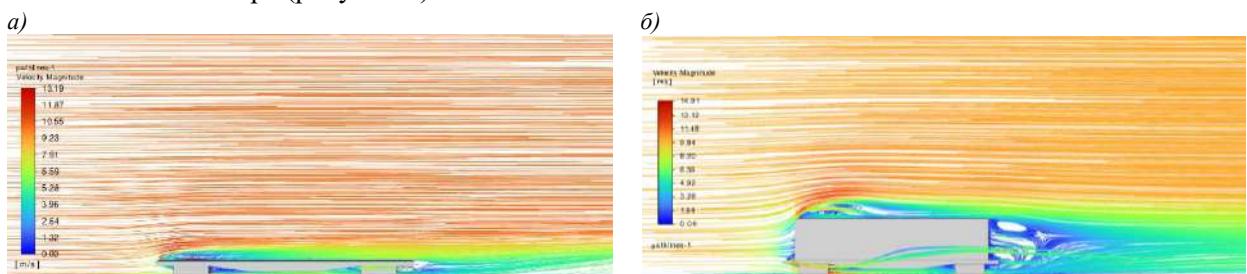


Рисунок 2 – Линии тока вблизи вагона-платформы:
а – порожней; б – загруженной контейнером

Полученные результаты могут быть использованы при анализе энергоэффективности грузовых перевозок, а также для оценки сил, действующих на контейнеры, с целью подбора рациональных средств крепления.

Список литературы

- 1 Еловой, И. А. Развитие железнодорожных контейнерных перевозок в Республике Беларусь / И. А. Еловой, Е. В. Малиновский, С. А. Петрачков // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2018. – № 1 (36). – С. 58–60.
- 2 Paul, J. C. Application of CFD to Rail Car and Locomotive Aerodynamics / J. C. Paul, R. W. Johnson, R. G. Yates // The Aerodynamics of Heavy Vehicles II: Trucks, Buses, and Trains. Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics. – Berlin : Springer, 2009. – Vol. 41. – Pp. 259–297. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-85070-0_25.
- 3 A field study on the aerodynamics of freight trains / A. Quazi, T. Crouch, J. Bell [et al.] // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2021. – Vol. 209. – Article 104463.
- 4 Шимановский, А. О. Влияние направления воздушного потока на аэродинамические силы, действующие на транспортное средство / А. О. Шимановский, О. В. Демьянчук // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2025. – Т. 84, № 2. – С. 81–91.
- 5 Kedare, S. B. Computational fluid dynamics analysis of empty railway freight wagons / S. B. Kedare, S. C. Sharma, S. P. Harsha // International Journal of Vehicle Structures and Systems. – 2015. – Vol. 7, is. 1 – P. 25–30. – DOI: <https://doi.org/10.4273/ijvss.7.1.05>.
- 6 Effects of different aerodynamic configurations on crosswind stability of a conventional train / C. E. A. Reyes, D. Rocchi, G. Tomasini [et al.] // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2023. – Vol. 242. – Article 105588.

УДК 621.3.014.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУСКОВОГО ТОКА СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ ПРИ НЕПОЛНОТЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

И. С. ЕВДАСЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Пусковой ток (inrush current в терминах IEC 60050-448) – ток переходного процесса, связанный с подачей напряжения питания на электрическое оборудование (в российской версии этого документа используется термин «бросок тока» [1]). В задачах проектирования и эксплуатации электросетей и энергетических систем под пусковыми токами понимают только их часть, которая относится к сверхтокам, т. е. превышают номинальные токи оборудования. Оценка этих токов необходима для обеспечения надежности электроснабжения потребителей и недопущения неплановых отключений электросетей по причине ложных срабатываний аппаратов защиты.

Применительно к осветительным приборам характеристики пускового тока обусловлены несколькими различными физическими процессами и зависят от довольно большого числа факторов, включающих:

- а) вид источника света и пускорегулирующего аппарата;
- б) наличие емкостных элементов компенсации реактивной мощности, сдвига фаз или снижения пульсаций выпрямленного напряжения;
- в) сопротивления цепи питания;
- г) времени задержки включения от момента прохождения синусоиды переменного напряжения через нуль;
- д) другие факторы.

Все перечисленные факторы в практических задачах учесть крайне трудоемко, поэтому большей частью из них пренебрегают, а пусковой ток моделируют одиночными импульсами:

1) большой амплитуды от 10 до 250 кратности номинального тока, но короткими по продолжительности – меньше 0,01 с (рядом производителей автоматических выключателей принимается меньше 0,005 с по причине максимальной амплитуды импульса тока при включении осветительного прибора в момент максимума синусоиды напряжения);

2) относительно небольшой амплитуды от 1,1 до 1,6 (для светодиодных осветительных приборов до 2) кратности номинального тока с продолжительностью от сотых секунд до десятков минут, который представляет замену фактического периодического тока 50 Гц апериодическим с равной работой за целое число периодов напряжения.

Первый тип импульсов характерен для изменения сопротивлений вольфрамовой нити накаливания, индуктивности пускорегулирующих аппаратов или заряда конденсаторов и моделируется с