

## **ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА**

*Демьянчук<sup>1</sup> О. В., Шимановский<sup>2</sup> А. О.*

*<sup>1</sup>Магистр технических наук, аспирант кафедры «Техническая физика и теоретическая механика» УО «Белорусский государственный университет транспорта» г. Гомель, Беларусь, olga.demyanchuk.98@mail.ru*

*<sup>2</sup>Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Техническая физика и теоретическая механика» УО «Белорусский государственный университет транспорта» г. Гомель, Беларусь, tm.belsut@gmail.com*

Цифровизации процессов управления перевозками на железнодорожном транспорте требует наличия уточненной информации о технических характеристиках подвижного состава и силах, действующих на него при различных эксплуатационных ситуациях. Проведение натурных испытаний требует значительных материальных затрат, поэтому для решения указанной задачи целесообразно использовать бурно развивающееся в настоящее время компьютерное моделирование.

Существует значительное число публикаций, посвященных исследованиям обтекания транспортных средств воздушным потоком. Обтекание транспортных средств воздушным потоком, направленным вдоль оси пути, рассматривается авторами [1, 2] с целью определения коэффициентов аэродинамического сопротивления, анализа влияния геометрии объектов на аэродинамические характеристики и структуру воздушного потока. Исследования аэродинамики транспортных средств при воздействии бокового ветра в основном посвящены установлению его влияния на характеристики воздушного потока при обтекании

поездов, в том числе при движении в тоннелях и на мостах, а также определению поперечных нагрузок на вагоны [3].

В рассмотренных работах рассматривались лишь случаи конкретного направления ветровой нагрузки по отношению к транспортному средству. Целью данной работы стало установление значений продольных и поперечных сил, действующих на вагон, для всего возможного диапазона изменения угла атаки воздушного потока.

С использованием программного комплекса ANSYS CFX выполнено моделирование обтекания потоком воздуха крытого вагона. Размеры расчетной области, параметры генерируемой сетки и используемые граничные условия были установлены в соответствии с ранее выполненными работами [4, 5]. В процессе расчета осуществлялось численное решение осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса, для замыкания которых использована  $k$ - $\epsilon$  модель турбулентности.

Для разных значений угла атаки воздушного потока получены схемы распределения скоростей потока и давлений на лобовую и боковые поверхности транспортного средства. На рисунке 1 приведена пространственная схема линий тока в расчетной области при угле атаки воздушного потока  $40^\circ$ . Анализ распределения скоростей частиц по объему расчетной области показал, что обтекание вагона потоком воздуха при его отклонении от оси пути не оказывает значительного влияния на максимальные скорости течения воздуха относительно железнодорожного вагона. Однако при значениях угла поворота вагона, больших  $30^\circ$ , область, в которой наблюдаются возмущения воздушного потока, существенно расширяется.

Установлено, что при отклонении направления ветра от продольной оси транспортного средства распределение давлений на лобовой поверхности вагона перестает быть симметричным относительно продольной плоскости симметрии вагона, в то же время давление на боковую поверхность возрастает с увеличением угла атаки ветрового потока до  $40^\circ$ , затем при увеличении до  $60^\circ$  практически не изменяется, а дальнейшее приближение к  $90^\circ$  приводит к симметричному графику.

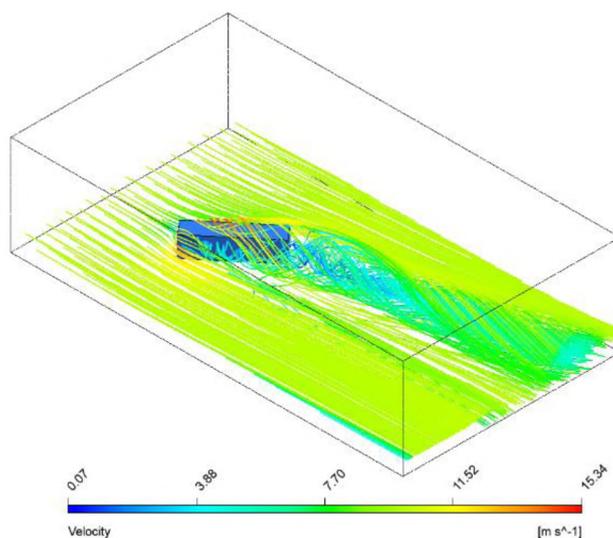


Рисунок 1 – Линии тока в расчетной области при угле атаки воздушного потока  $40^\circ$

Результаты расчетов показали, что с увеличением угла атаки воздушного потока от 0 до 20° аэродинамический коэффициент, характеризующий действие на вагон сил в продольном направлении, возрастает более чем на 20 %, что связано с действием распределенных касательных сил на боковые стенки вагона. При дальнейшем увеличении данного угла значения аэродинамического коэффициента уменьшаются. Увеличение угла атаки от 0 до 45° ведет к значительному увеличению значения боковой силы. При углах атаки, больших 45°, значение поперечной силы оказывается практически постоянным.

Таким образом, наиболее неблагоприятные условия для движения транспортного средства, при которых действующая на него продольная сила максимальна, возникают при углах атаки от 10 до 30°. Максимальные значения поперечных сил реализуются при значениях угла атаки воздушного потока, превышающих 45°. Полученные результаты могут быть использованы при автоматизации процессов эксплуатации железнодорожного подвижного состава, а также для анализа аэродинамики иных транспортных средств, например, автомобилей.

### Список использованных источников

1. The performance of different turbulence models (URANS, SAS and DES) for predicting high-speed train slipstream / S. Wang, J. R. Bell, D. Burton [et al.] // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. – 2017. – Vol. 165. – P. 46–57. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2017.03.001>.

2. Effect of wing height lay out on the aerodynamic performance of high-speedtrain / X. Xiong [et al.] // *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*. – 2024. – Vol. 34, iss. 10. – Pp. 3731–3763. – DOI: <https://doi.org/10.1108/HFF-02-2024-0136>.

3. Hemida, H. Contribution of computational wind engineering in train aerodynamics – past and future / H. Hemida // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. – 2023. – Vol. 234. – Art. 105352. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2023.105352>.

4. Shimanovsky, A. O. Simulation of airflow movement around a vehicle / A. O. Shimanovsky, V. U. Dzemyanchuk // *15 Annual International Meeting of the Georgian Mechanical Union. Book of Abstracts*. – Batumi, 2024. – P. 180–181.

5. Шимановский, А. О. Аэродинамика модели железнодорожного грузового вагона при разных углах атаки воздушного потока / А. О. Шимановский, О. В. Демьянчук // *Механика машин, механизмов и материалов*. – 2024. – № 2 (67). – С. 23–29. – DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2024-2-67-23-29>.