

ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА ДВИЖЕНИЕ НЕЗАКРЕПЛЕННОГО НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

О. В. ДЕМЬЯНЧУК

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

При определении основного сопротивления движению железнодорожного подвижного состава используются коэффициенты, определенные укрупненно для отдельных типов вагонов и установленные Правилами тяговых расчетов [1]. В настоящее время создаются и эксплуатируются новые модели вагонов, механические характеристики которых, в том числе и аэродинамические, могут существенно отличаться от усредненных. В ранее выполненных работах [2] показано, что воздействие ветровой нагрузки на подвижной состав может быть фактором, оказывающим существенное влияние на возможность его самопроизвольного движения. Однако данный анализ выполнен на основе коэффициентов, определенных экспериментально только для основных типов железнодорожного подвижного состава.

Для определения аэродинамических характеристик транспортных средств используются следующие способы: натурные эксперименты, испытания в аэродинамической трубе, аналитический расчет и технологии вычислительной гидродинамики. Компьютерное моделирование является наиболее перспективным способом исследований в области аэродинамики железнодорожного подвижного состава, так как позволяет обеспечить быстрое получение результатов с достаточной степенью точности при относительно низких затратах [3].

Моделирование обтекания воздушным потоком железнодорожного вагона выполнено в программном комплексе ANSYS с помощью расчетной оболочки ANSYS Workbench. Модель представляла собой упрощенную конструкцию вагона с расчетной областью, размеры которой позволили исключить возможность влияния на получаемые результаты.

При выполнении моделирования обтекания воздушным потоком был использован модуль Fluid Flow CFX, который предназначен для решения задач гидродинамики, а также сопряженного теплообмена. Данный модуль позволяет моделировать широкий спектр физических процессов в жидкостях и газах, таких как турбулентность, нестационарность, химические реакции, многокомпонентность и многофазность среды и т. д.

Решатель ANSYS CFX основан на методе конечных объемов, в котором расчетная область разбивается на множество локальных элементов (расчетных ячеек). При построении расчетной сетки на основе элементов-

гексаэдров, позволяющей обеспечить сходимость решения и получение результатов с достаточной степенью точности, использован метод «Hex Dominant Method». Общее количество элементов при этом составило 700 тыс. ячеек.

Граничные условия задачи (рисунок 1) задавались в соответствии с установленными в ранее выполненных работах [4].

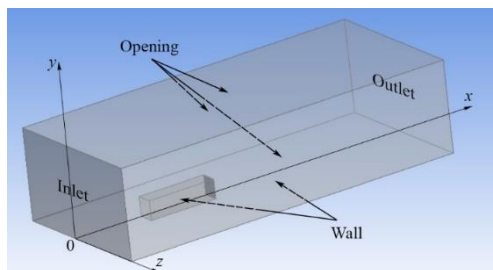


Рисунок 1 – Расчетная модель с указанием используемых граничных условий

Численное моделирование выполнялось на основе решения уравнения неразрывности и осредненных по Рейнольдсу уравнений изменения количества движения Навье – Стокса, для замыкания которых используется модель турбулентности $k-\epsilon$, представляющая собой систему двух дифференциальных уравнений относительно кинетической энергии турбулентности k и скорости диссипации кинетической энергии ϵ [5, 6]. Сходимость решения оценивалась по критерию уровня среднеквадратических невязок уравнения неразрывности и моментов количества движения.

В результате выполненного моделирования были получены значения аэродинамических сил, действующих на железнодорожный вагон. На основе данных значений определены ускорения, приобретаемые незакрепленным подвижным составом в результате воздействия ветра:

$$a = \frac{R_b - W}{Q_b}, \quad (1)$$

где R_b – сила давления ветра, Н; W – сила сопротивления движению вагона, Н; Q_b – масса вагона, кг.

На рисунке 2 приведен график зависимости ускорения железнодорожного вагона от скорости ветра в диапазоне от нуля до 25 м/с.

Из графика видно, что при скорости ветра, равной 10 м/с, действие ветровой нагрузки может вызвать самопроизвольное движение незакрепленного порожнего вагона. В случае груженных вагонов значение данной скорости увеличивается до 12 м/с.

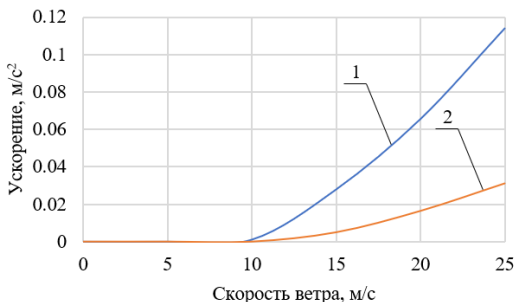


Рисунок 2 – Зависимость ускорения, приобретаемого вагоном, от скорости ветра:
1 – порожнего вагона; 2 – груженого вагона

Аналогичные расчеты могут быть выполнены в соответствии с разработанной методикой для разных типов вагонов.

Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем при совершенствовании норм закрепления железнодорожного подвижного состава тормозными башмаками. Такая работа особенно актуальна в связи с осуществляющейся в настоящее время цифровизацией процесса эксплуатации железнодорожного подвижного состава.

Список литературы

- 1 Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М. : Транспорт, 1985. – 287 с.
- 2 Демьянчук, О. В. Анализ влияния ветровой нагрузки на закрепление железнодорожных составов станционными тормозными башмаками / О. В. Демьянчук // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2021. – № 2. – С. 58–61.
- 3 Computational fluid dynamics simulation of rail vehicles in crosswind: Application in norms and standards / M. Sima, S. Eichinger, A. Blanco, I. Ali // Journal of Rail and Rapid Transit. – 2015. – Vol. 229, is. 6. – P. 635–643.
- 4 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.
- 5 Молчанов, А. М. Математическое моделирование задач газодинамики и теплообмена / А. М. Молчанов. – М. : МАИ, 2013. – 206 с.
- 6 Shimanovsky, A. O. Dynamics of tank trucks with baffles for transportation of viscous liquids / A. O. Shimanovsky, M. G. Kuzniatsova, V. I. Yakubovich // International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. – 2018. – Vol. 7, № 4. – P. 438–443.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Демьянчук Ольга Владимировна, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», инженер НИЛ «Управление перевозочным процессом», olga.demyanchuk.98@mail.ru.