Министерство образования и науки Украины Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» Кафедра ТММиСАПР

Дипломная работа на тему «Моделирование процесса обтекания воздушным потоком вагона метро»

> Выполнила: студентка группы ТМ-89бс Пасечная Дарина Игоревна Руководитель: Васильев Антон Юрьевич

#### Введение

Аэродинамическое сопротивление составляет примерно 13% от всего сопротивления системы. Именно поэтому улучшение аэродинамических характеристик вагона метрополитена является актуальной задачей. Ведь если удастся улучшить этот показатель хотя бы до 10%, то это может существенно увеличить КПД, снизить количество потребляемой электроэнергии и, как следствие, уменьшить затраты.

В курсовой работе на тему «Оценка влияния геометрии вагонного состава метрополитена на аэродинамические характеристики» был сделан вывод, что зазоры между вагонами увеличивают аэродинамическое сопротивление на 14%. В данной работе производится расчет геометрии вагона и его элементов, а также проверяется, как влияет геометрия тоннеля метро на аэродинамические характеристики.

#### Постановка задачи

- 1. Построить трехмерные модели вагона, тележки.
- 2. Импортировать модели в программу, в которой будет производиться расчет.
- 3. Приложить на объект необходимые нагрузки и граничные условия.
- 4. Выполнить необходимые расчеты с разными комбинациями ГУ.
- 5. Провести расчет отдельных элементов вагона.
- 6. Провести расчеты с разной геометрией тоннеля метро.
- 7. Рассчитать себестоимость и срок окупаемости НДР.
- 8. Рассмотреть вопросы охраны труда и гражданской защиты.
- 9. Проанализировать результаты.

#### Построение геометрической модели

Трехмерная модель состава была построена в программе Autodesk Inventor 2014 на основе чертежа состава типа 81-718/719 (рис. 1).

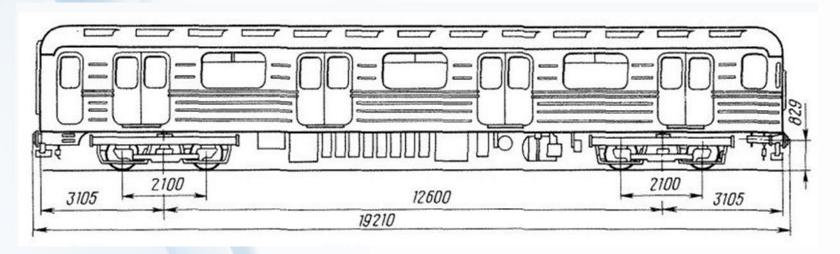


Рисунок 1 — Основные габариты вагона типа 81-718/719

#### Построение геометрической модели

Модель максимально приближена к оригиналу, чтобы оценить влияние каждого элемента на аэродинамические характеристики (рис. 2).



Рисунок 2 – Геометрическая модель вагона типа 81-718/719

При попытке создать расчет в программе ASCFD 2014 с данной моделью, программа не сумела построить конечно-элементную сетку, так как в геометрической модели содержаться поверхности, которые нельзя разбить на конечные элементы по тем или иным причинам (рис. 3).

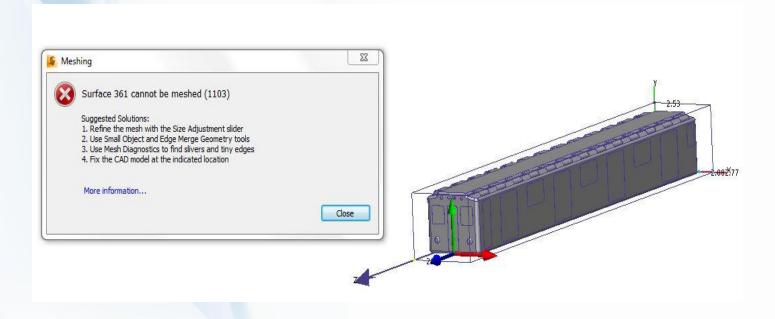


Рисунок 3 – Ошибка при создании КЭ сетки

Видно, что программа не может создать сетку на поверхности под номером 361. Проблемная поверхность показана на рисунке 4.

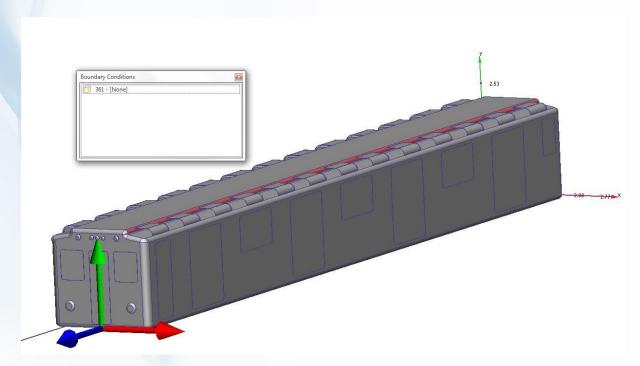


Рисунок 4 – Поверхность, на которой ASCFD не может построить КЭ сетку

Чтобы этой ошибки не было, изменим геометрию воздухозаборников: вместо полых – сплошные (рис. 5).

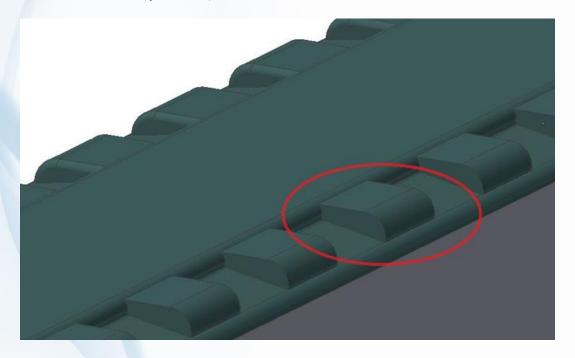


Рисунок 5 – Измененная геометрия воздухозаборников

Таким образом, упрощая и изменяя геометрическую модель, была получена расчетная модель, которую можно использовать для расчетов в ASCFD. Окончательная модель представлена на рисунке 6.

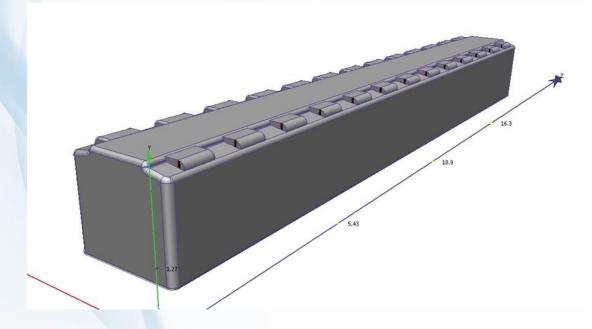


Рисунок 6 – Расчетная модель вагона

#### Построение геометрической модели тележки

Трехмерная модель тележки вагона метро была построена в программе Autodesk Inventor 2014. В модели были сохранены основные конструктивные элементы, а также габариты тележки. Геометрическая модель тележки представлена на рисунке 7.

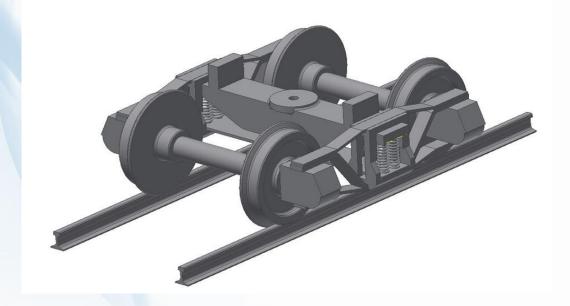


Рисунок 7 – Геометрическая модель тележки

## Построение геометрической модели тележки

При попытке рассчитать задачу в ASCFD на базе этой модели, возникли трудности, при создании КЭ сетки. В модели присутствуют мелкие элементы, которые в разы увеличивают время разбиения модели. В данном случае, этими элементами являются пружины (рис. 8).

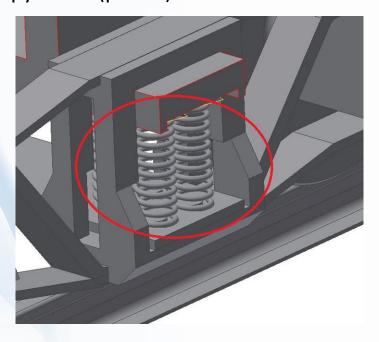


Рисунок 8 – Геометрическая модель тележки

#### Граничные условия

Граничные условия определяют начальные параметры для расчета задачи. Чтобы оценить, какие граничные условия лучше использовать для данного типа задач, были проведены три расчета с разными граничными условиями (рис. 9). Результаты оформлены в таблице 1.

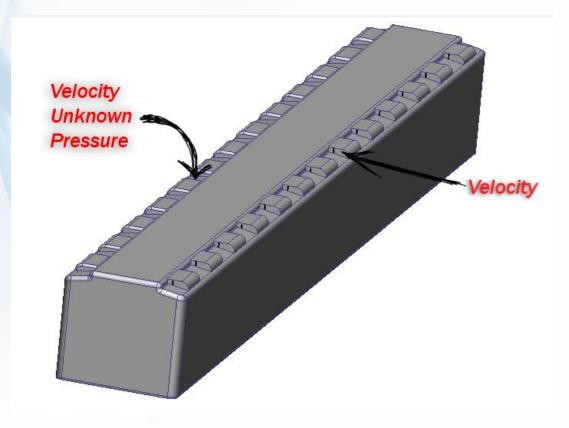


Рисунок 9 – Варианты граничных условий

## Граничные условия

Граничное	Давление на поверхности	Давление на поверхности	
условие	ВЗ, что поглощает воздух,	ВЗ, откуда выходит воздух,	
	Па	Па	
Velocity	114390	113793	
Unknown	114390	113793	
Pressure	114677	0	

Таблица 1 – Сравнение результатов расчета с разными ГУ

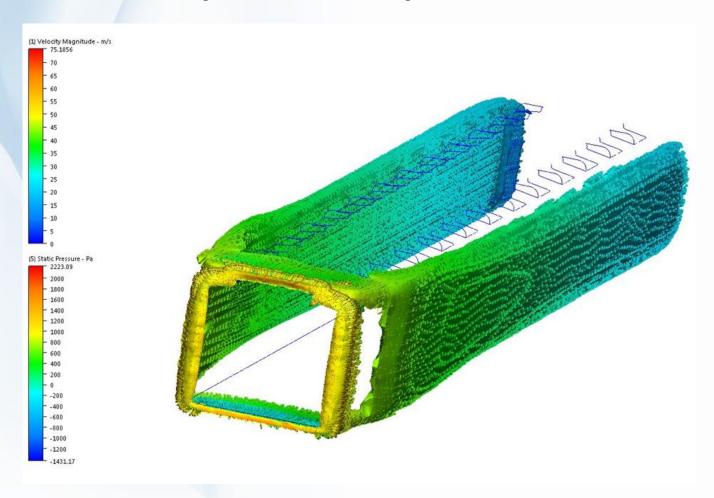


Рисунок 10 – Результат расчета вагона метро

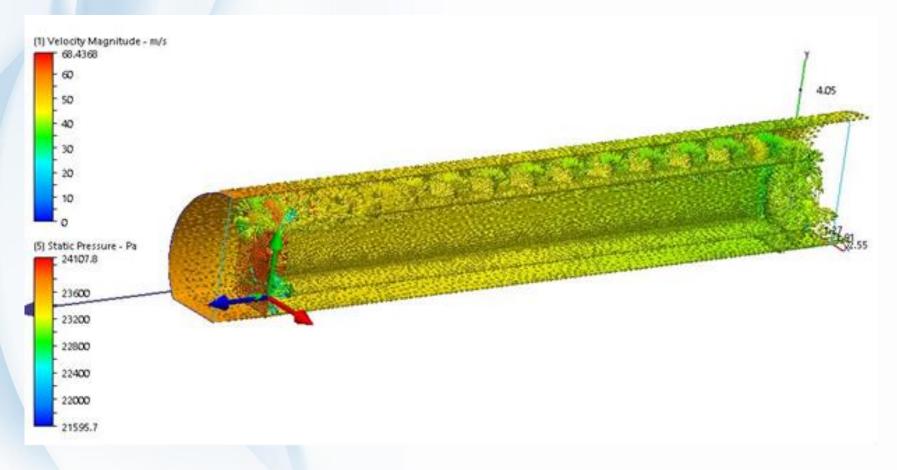


Рисунок 11 – Результат расчета вагона метро в тоннеле круглой формы

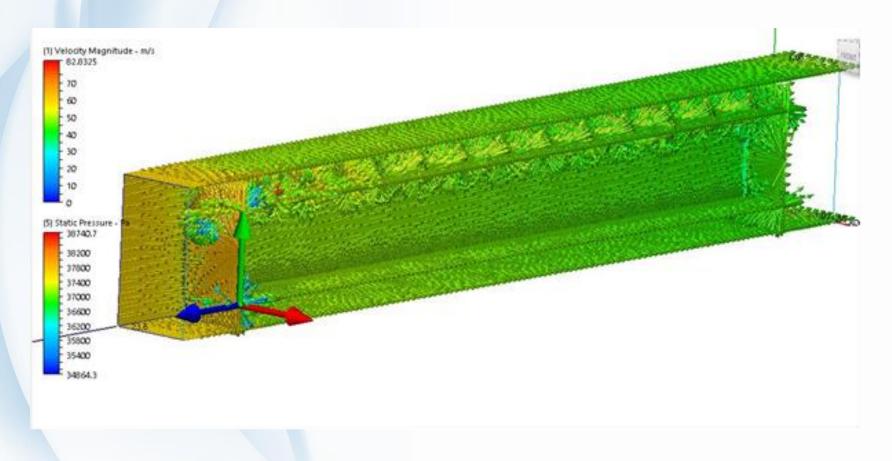


Рисунок 12 — Результат расчета вагона метро в тоннеле прямоугольной формы

Форма туннеля	Давление, Па	Сила, Н
Круглая	24107,8	66672
Прямоугольная	38740	105912

Таблица 2— Сравнение результатов расчета туннеля круглой и прямоугольной форм

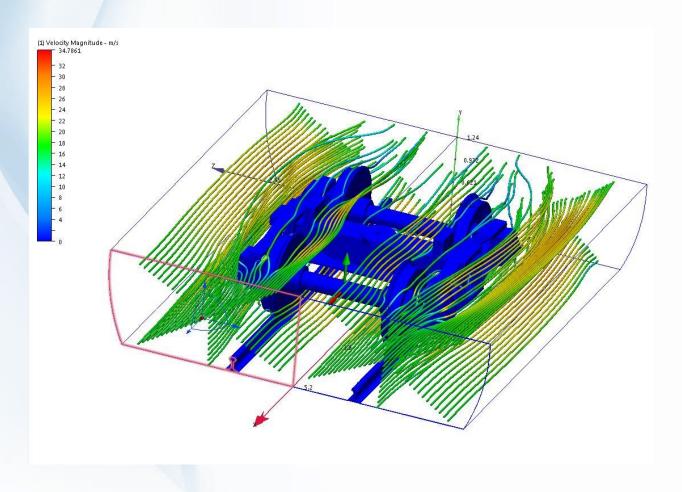


Рисунок 13 – Результат расчета тележки вагона

#### Экономическая часть

Себестоимость НДР являет собой выраженные в денежной форме текущие расходы предприятия, научно-исследовательских институтов и других научных учреждений на проведение исследований в соответствии с техническим заданием.

№ п/п	Наименование статьи расходов	Сумма, грн.
1	Стоимость материалов	87,00
2	Транспортно-заготовительные расходы	13,05
3	Основная заработная плата	10000,00
4	Дополнительная заработная плата	1500,00
5	Отчисления на социальные мероприятия	4416,00
6	Амортизация	1892,00
7	Общепроизводственные расходы	3450,00
8	Производственная себестоимость	20412,05
9	Административные расходы	2300,00
10	Прибыль	2271,20
11	Полная себестоимость	25929,25

## Охрана труда

Одним из важнейших заданий охраны труда является обеспечение таких условий труда, которые бы исключали возможность действия на работников разных опасных и вредных производственных факторов.

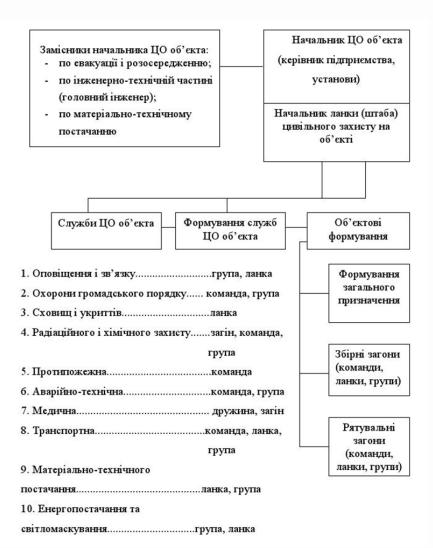
В рамках раздела Охрана труда были рассмотрены такие вопросы:

- производственная санитария;
- микроклимат производственной среды;
- освещение;
- электромагнитное излучение;
- шум;
- меры безопасности;
- пожарная безопасность.

#### Гражданская защита

Гражданская защита — это функция государства, направленная на защиту населения, территорий, окружающей среды и имущества от чрезвычайных ситуаций путем предотвращения таких ситуаций, ликвидации их последствий и оказания помощи пострадавшим в мирный час и в особенный период.

В данном разделе рассматривался вопрос «Организация и порядок функционирования гражданской защиты на объекте хозяйствования».



#### Выводы

Целью дипломной работы было рассчитать вагон метрополитена и его элементы на аэродинамические характеристики.

Были выполнены такие задачи:

- построены геометрические модели вагона и тележки;
- рассчитаны задачи с разными ГУ;
- рассчитаны задачи с разной геометрической формой тоннеля метро;
- рассчитана геометрия тележки вагона;
- рассчитана себестоимость НДР и срок окупаемости;
- рассмотрены вопросы охраны труда;
- рассмотрено, как организовывается ГЗ на объекте.

# Спасибо за внимание!