

Сборник трудов международной научно-технической конференции "Инновации в машиностроении", 2008. <http://www.park5.ru/articles/1/554>

16. Волонцевич Д.О. Тяговый баланс перспективного колесного бронетранспортера с электромеханической трансмиссией / Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников, Я.М. Мормило, та ін. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Транспортне машинобудування. – Харків : НТУ «ХП», 2017. – № 42 (948). – С. 17–22.

Авершин Андрій Геннадійович, к.т.н., асистент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, avershin.andrey@gmail.com

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Вступ

Забруднення повітря у міському середовищі становить велику проблему для мешканців великих міст. На сьогодні автотранспорт є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря. Над великими мегаполісами повітря містить в 10 разів більше аерозолів і в 25 разів більше газів. До 70% шкідливих викидів дає автомобільний транспорт. Також небезпека викидів від автомобільного транспорту полягає в тому що джерело розповсюдження розташовані безпосередньо на рівні людини. Велика концентрація автотранспорту у безпосередній близькості від житлових будинків, освітніх закладів, лікарень та ін. є основною проблемою поширення забруднень від автотранспорту.

До числа основних складових забруднювачів атмосфери від автотранспорту відносяться свинець, оксид вуглецю, оксид азоту. Найбільшу небезпеку становлять оксиди азоту. Вони в 10 разів більш небезпечні ніж чадний газ.

Аналіз та прогнозування розповсюдження шкідливих викидів в міському середовищі є нагальною потребою великих міст. Чисельні методи допомагають вирішити ці питання.

Огляд

Аналіз літератури вказує на значне поширення чисельних методів в області зовнішньої аеродинаміки. На сам перед це пов'язано зі значним ростом обчислювальних потужностей сучасних комп'ютерних систем.

Так в літературі [1] йдеться про порівняння чисельного моделювання та натурних вимірювань аеродинамічних характеристик в вулицях міста. Увага приділяється до завдання граничних умов та вірному визначенню шорсткості поверхні землі.

В [2] описується застосування чисельних методів до попереднього планування забудови міського середовища з урахуванням оцінки вітрового навантаження на будівлі та поля швидкостей на вулицях.

Наступна робота [3] присвячена моделюванню мікроклімату в місті з урахуванням урбаністського теплового острова. В роботі наведено вплив нагріву від сонячної радіації на аеродинаміку в міському середовищі.

В роботі [4] оцінюється вплив міських дерев на дисперсію оксиду вуглецю (CO), що виділяється дорожнім рухом, внаслідок зміни характеристик вітрового потоку. Результати показують, що якість повітря у містах може бути оптимізована на основі планування зелених насаджень на основі обчислень.

Загалом огляд показує широкі можливості застосування чисельного моделювання зовнішньої аеродинаміки щодо моделювання поширення забруднень в міському середовищі.

Постановка задачі

В даній роботі поставлена задача по моделюванню розповсюдження забруднень в центральній частині м. Харків. Моделювання проводилося у тривимірній постановці з урахуванням рельєфу. У роботі на основі рівнянь НавьєСтокса, рівнянь переносу домішки, усереднених по Рейнольдсу [5] і моделей турбулентності в наближенні нестисливого середовища.

Для моделювання турбулентних ефектів використана двопараметрична диференціальна модель турбулентності $k-\varepsilon$ з пристінними функціями.

Розроблена чисельна модель реального ділянки м. Харків і досліджується поширення в приземному шарі атмосфери сліду лінійного джерела домішок, внаслідок стаціонарного виділення оксиду вуглецю (CO) уздовж осьової лінії двосмугової автомобільної дороги.

Межі центральної частини міста були обрані, ґрунтуючись на вимогах географічних і геофізичних обмежень. А саме, Південь і Захід центральної частини обмежені заплавою річок Харків і Лопань. Північ обмежена складкою місцевості з географічною назвою Саржин Яр. Схід обмежений аеродромом, найбільшим парком міста, що переходить в лісопарк. Центральна частина розміщена в прямокутному паралелепіпеді з розмірами. Перепад висот місцевості на даній ділянці склав близько 100 метрів, найвищі будівлі мають висоту близько 100м.

Побудова області за допомогою ГІС

На першому етапі підготовки тривимірної моделі місцевості з урахуванням рельєфу та споруд були використані данні з відкритих джерел (*open street map*) та (*google earth*). З ресурсу (*google earth*) були використані данні щодо тривимірної моделі місцевості, а ресурсу (*open street map*) були використані данні по розміщенню споруд на місцевості.

Прив'язка споруд до місцевості та експорт даних до подальшої обробки здійснювався за допомогою додатку QGIS рис.1.

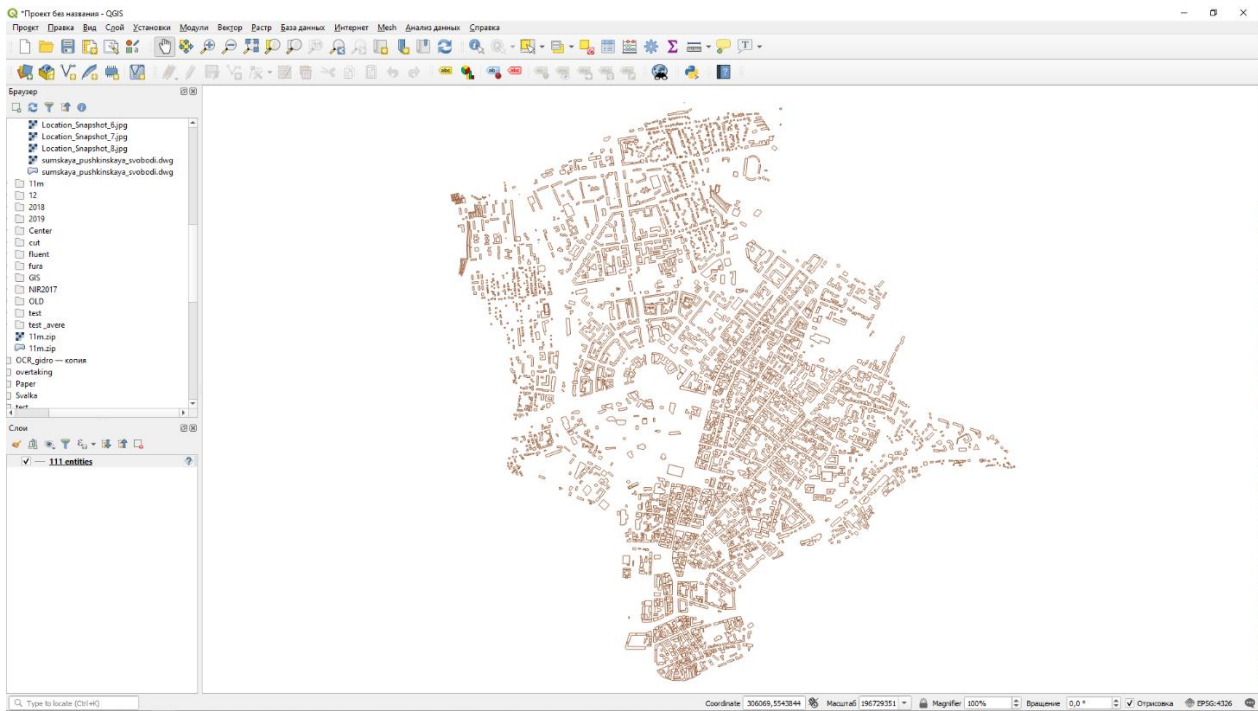


Рисунок 1 Модель центральної частини м Харків у додатку QGIS

На базі отриманої тривимірної моделі (рис 2) було створено сіткову модель із розмірами області $b \times b \times 0.3$ км, та об'ємом сітки у 12 млн. комірок. Мінімальний розмір комірки становив 1 м.



Рисунок 2 Поверхнева 3D модель будівель центральної частини м. Харкова

Дослідження проведено з використанням програмного комплексу *MTFS*[®] [5], в якому базовий неявний алгоритм забезпечений розщепленням за методом змінних напрямків і *TVD* схемою 2/3-го порядку точності. Розрахунки виконані методом встановлення перебігу від загальмованого стану до розвиненого сталому в середньому течію.

Перебіг поза розрахункової області передбачалося повністю турбулентним, що визначалося вхідними граничними умовами.

Вхідний профіль швидкості вітру використовувався з урахуванням погранслоя. Уздовж осьової лінії автодороги передбачався лінійний джерело з виділенням постійної витрати домішки в часі і вздовж дороги на висоті близько 0.5 метра з температурою, що дорівнює температурі набігаючого потоку. На основі аналізу транспортного потоку задавався постійну витрату CO близько $5e-6$ $кг/сек$ на погонний метр осьової лінії (рис. 3). Середня швидкість CO в момент виділення прийнята рівною 0 .



Рисунок 3 Розташування джерел розповсюдження CO вздовж транспортних шляхів з найбільшим трафіком

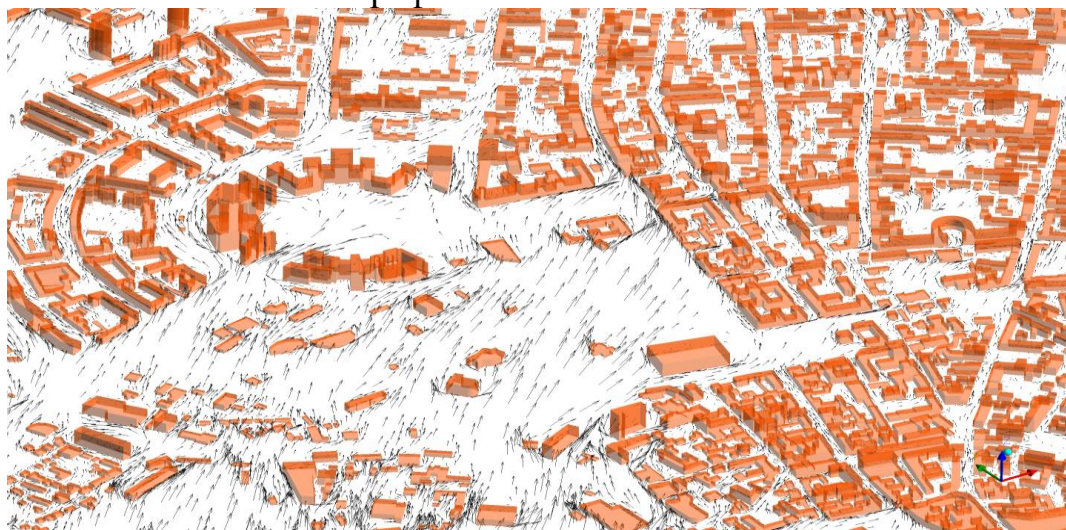


Рисунок 4 Картина вітрового обдуву центра Харкова. Вітер південно-західний $1.5m/c$

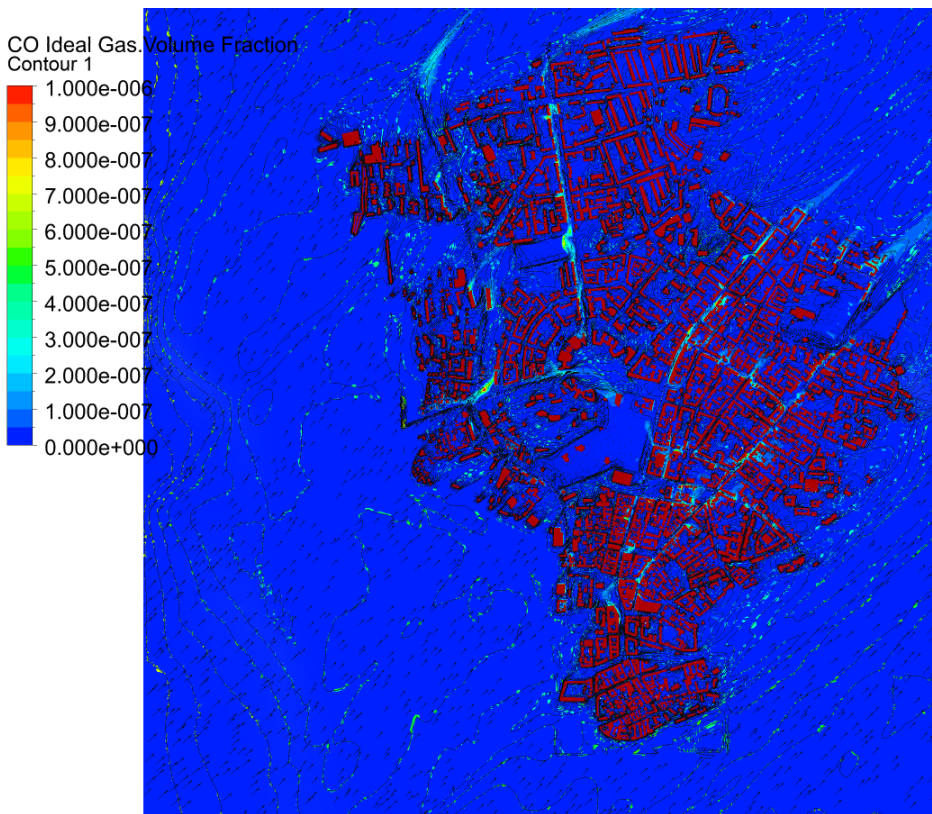


Рисунок 5 Картина концентрацій CO у центрі Харкова. Вітер південно-західний 1.5м/с

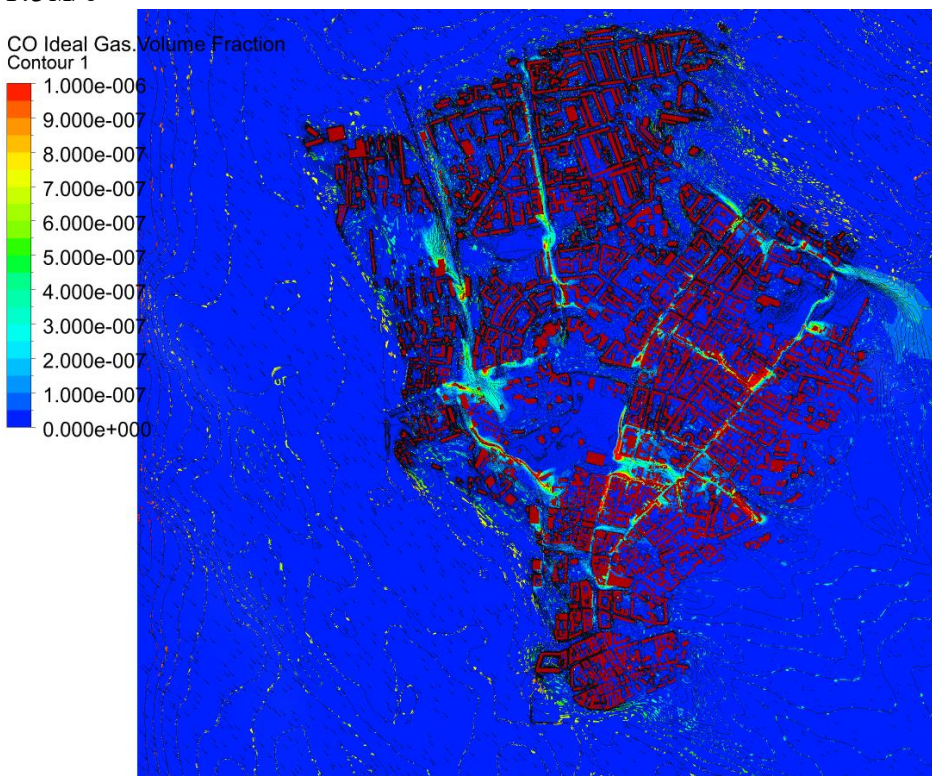


Рисунок 6 Картина концентрацій CO у центрі Харкова. Вітер північно-західний 1.5м/с

Результат

Аналіз розповсюдження концентрацій CO вказує на те що забруднення розповсюджуються по вітру, вздовж вулиць (рис 4-6). Визначені місця з найбільшою концентрацією CO.

Висновок

В роботі створено тривимірну модель центральної частини міста на прикладі Харкова.

Проведено дослідження з зовнішньої аеродинаміки міських районів.

Чисельне моделювання поширення забруднень в міському середовищі дозволяє краще розуміти механізми розповсюдження забруднень.

В подальшому створену тривимірну модель центральної частини міста можна використовувати для аналізу та прийняття рішень які стосуються екологічних питань.

Література

1. Liu, Sumei & Wuxuan, Pan & Zhang, Hao & Cheng, Xionglei & Long, Zhengwei & Chen, Qingyan. (2017). CFD simulations of wind distribution in an urban community with a full-scale geometrical model. Building and Environment. 117. 10.1016/j.buildenv.2017.02.021.
2. Zhang, Weijie & Qi, Jing & Li, Xin. (2009). CFD Simulation for Urban Environment Planning. 1 - 4. 10.1109/ICMSS.2009.5301625.
3. Toparlar, Y. & Blocken, B. & Vos, P. & Heijst, GJF & Janssen, WD & Hooff, Twan & Montazeri, Hamid & Timmermans, HJP. (2014). CFD simulation and validation of urban microclimate: A case study for Bergpolder Zuid, Rotterdam. Building and Environment. 83. 10.1016/j.buildenv.2014.08.004.
4. Amorim, Jorge & Rodrigues, Vera & Tavares, Richard & Valente, Joana & Borrego, Carlos. (2013). CFD modelling of the aerodynamic effect of tree on urban air pollution dispersion. The Science of the total environment. 461-462C. 541-551. 10.1016/j.scitotenv.2013.05.031.
5. Солодов В.Г., Стародубцев Ю.В. Научно-прикладный программный комплекс MTFS[®] для расчета тривимірних в'язких турбулентних течій рідин і газів в областях довільної форми. Сертифікат держ. реєстр. авт. прав, УГААСП, № 5921, 07.16.2002

Балакина Екатерина Викторовна, д.т.н., профессор, Волгоградский государственный технический университет

Сарбаев Дмитрий Сергеевич, аспирант, Волгоградский государственный технический университет, sards93@gmail.com

КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ТРЕНИЯ В ПЯТНЕ КОНТАКТА КОЛЕСА С ТВЕРДОЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

В пятне контакта шины с твердой опорной поверхностью есть комбинированное трение, которое оказывают существенное влияние на устойчивость движения колесной машины [1-5]. Комбинированное трение включает в себя зону трения покоя и зону трения скольжения. Расположение этих зон в передней или задней частях пятна контакта эластичного колеса