

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен
„доктор“

Автор на дисертационния труд: Антон Ботев Петров

Тема на дисертационния труд: Моделиране на дисперсията на замърсители в атмосферния въздух в градска среда

Рецензент: проф. д.н. Костадин Ганев, Член-кореспондент на БАН.

Настоящата рецензия е изготвена на основание на Заповед на Директора на НИМХ-БАН № НД-04-13 от 05.10.2023г. и решение на заседанието на научното жури от 09.10.2023 г. Тя е съобразено с изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за неговото приложение (ППЗРАСРБ), Правилника на БАН и Правилника на НИМХ-БАН по ЗРАСРБ. Рецензията е съставена от **три части** и заключение

I. Изисквания към кандидата

Кандидатът **Антон Ботев Петров**, е роден на 02.04.1978 г. Висшето си образование получава във Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“, катедра „Метеорология и геофизика“ (2013г. – бакалавър, Метеорология и 2015 г. – магистър, Метеорология). Още по време на следването си през 2011г. той постъпва като физик–метеоролог в Национален Институт по Метеорология и Хидрология (НИМХ). През 2016 г. е зачислен като редовен докторант към департамент „Метеорология“ в НИМХ в област 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.1 Физически науки (метеорология) с тема на дисертационния труд „Моделиране на дисперсията на замърсители в атмосферния въздух в градска среда“. През същата 2016г. е избран за асистент отново в секция „Моделиране на атмосферното замърсяване“ НИМХ. През 2018г докторантът Антон Петров е отчислен с право на защита със заповед № НД-04-35 от 27.12.2018г. на Директора на НИМХ.

През 2020г. отново е назначен като физик-метеоролог в секция „Моделиране на атмосферното замърсяване“ НИМХ.

Основните научни интереси и професионални дейности на Антон Петров са в областите:

- числено моделиране на дисперсията на атмосферни замърсители с отразяване на характеристиките на градската среда
- статистическа и оперативна оценка на атмосферни и дисперсионни модели
- турбулентност и параметризации в АГС
- поддръжка и обслужване на уебстраницата на Българското Списание за Метеорология и Хидрология (ВЖМН) и на страници по проекти.
- създаване на помощни скриптове (Python) за автоматизация и визуализация

Като служител и докторант в НИМХ Антон Петров е участвал в редица проекти (общо 15, български и международни), като е завършил успешно и курсове за повишаване на квалификацията си.

Антон Петров е специалист с обширни и задълбочени цифрови умения и сръчности. Владее и активно ползва следните продукти:

- Програмиране на Python
- Програмиране на JavaScript (+ HTML5 и CSS3)
- LibreOffice
- Microsoft Office
- Linux (Debian oriented)
- Inkscape
- Blender
- GIMP
- OpenFOAM

Антон Петров има и значима научно-приложна и експертна дейност - съставяне на експертизи, становища и участия в работни срещи като член на назначената със заповед №СОА20-РД91-243/01.08.2020 г. от Столична Община работна група по оценка на „Програма за подобряване качеството на атмосферния въздух на територията на Столична община за периода 2021-2026”.

От направената проверка по представените материали от кандидата Антон Петров, не са констатирани нарушения в процедурата или неизпълнение на формалните нормативни изискванията по чл. 6 на ЗРАСРБ, на раздел II от ППЗРАСРБ и на чл. 33 ал.1. от Правилника на НИМХ-БАН по ЗРАСРБ за провеждане на защита.

II. Същностна част на рецензията

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем: Изучаването на качеството на атмосферния въздух е, във всякакво съмнение, много актуална тема, пряко свързана с оценките на качеството на живот и здравния риск. Особено актуален е проблемът за замърсяване в градска среда. В градските райони се срещат източници (напр. ресуспендиран прах от пътни платна и открити площи, транспорта, битовото отопление, отделени миризми и токсини), които могат да бъдат неблагоприятни и дори опасни. В рамките на града – където плътността на застрояването е по-висока, замърсителите могат да бъдат уловени като в капан и да се натрупват, увеличавайки по този начин концентрацията си.

Качеството на градския атмосферен въздух е тясно свързано с потоците в атмосферния граничен слой (АГС) и техните взаимодействия с препятствията. В ниската част на АГС и по-специално – в градовете – около индивидуални или групи от сгради, локалното поле на вятъра се състои от сложни конфигурации на потоците, включително и от зони на рециркулация и на застои. Като следствие, проследяването на преноса на замърсителите се усложнява значително.

Дисертационния труд, в една или друга степен, третира изброените проблеми, което и обуславя безспорната му актуалност.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал: Първите две глави на дисертационния труд са изцяло обзорни.

В Глава I е обоснована актуалността на проблемите, свързани със замърсяването на въздуха в градска среда и е направен кратък обзор на изследванията по моделиране на атмосферното замърсяване в градска среда: Най-общо за моделиране в градска среда, Ефекти при обтичане на сгради по експериментални данни, Числено моделиране на замърсяване на въздуха в градска среда у нас. Там е дефинирана целта на дисертацията и основните задачи.

В Глава II е направен обзор на теоретични основи в моделирането на атмосферното замърсяване в градска среда. Дадено е информативно и добре систематизирано изложение на основните характеристики на Атмосферния граничен слой. Направена е класификация на източниците на замърсяване и видовете

замърсители, а също и на моделите на атмосферно замърсяване - Класификация според отчитането наличието на пространствено-времеви изменения в атмосферните условия, Класификация по мащаб, Класификация според използвания физически и математически подход. Пак там са приведени и статистически показатели за оценка на реализацията и валидността на моделите, използвани по-нататък в дисертацията.

Останалите глави на дисертацията също имат обзорни части, а именно описание на съответните използвани модели.

В Глава III е представено понятието за Гаусов дисперсионен модел, съвременните Гаусови модели и техните възможности и приложения. Дадено е кратко описание на Гаусовите дисперсионни модели ALOHA, TRACE и AERMOD.

В Глава IV е представено понятието за Лагранжев дисперсионен модел, някои съвременни представители, техните възможности, производителност и приложения. Описана е и моделната система GRAMM/GRAL.

В Глава V е представено понятието за CFD модел, някои съвременни представители на този клас модели, техните възможности, производителност и приложения. Описан е и CFD модела OpenFOAM.

Всички обзорни части на дисертацията недвусмислено говорят, че авторът много добре познава съвременното състояние на проблема, съвременните подходи, методи и софтуеърни продукти. Грамотното, ясно и добре систематизирано изложение на обзорите показва, че Антон Петров много добре владее не само техниката за прилагане на съответните модели, но и познава техните физически основи, а оттам техните възможности и ограничения. Това му дава възможност грамотно и творчески да ги прилага в своята изследователска работа, т.е. в дисертационния труд авторът демонстрира своята способност за творческа интерпретация на литературния материал.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд: Основната цел на дисертацията е изследване на възможностите на различни по сложност модели за разпространението на замърсители във въздуха и на тяхната приложимост в градска среда. Специално внимание се обръща на по-комплексните модели, като под "комплексни" следва се разбират такива модели, които явно, а не чрез параметризации отчитат влиянието на сградите и други препятствия върху преминаващия въздушен поток, а от там и върху дисперсията на замърсителите.

Избраната от Антон Петров методика на изследване напълно съответства на поставената цел и задачи на дисертационния труд. По същество той изследва и сравнява симулационните качества на каскада от модели подредени по тяхната сложност: ALOHA, TRACE и AERMOD (Гаусовите дисперсионни модели); моделната система GRAMM/GRAL (Лагранжев дисперсионен модел) и OpenFOAM (CFD модел). Всеки следващ от тези модели е по-усъвършенстван от предходния, но от друга страна е с по-високи изисквания по отношение на входна информация и необходими компютърни ресурси. Съпоставката между симулационни възможности от една страна и изисквания на модела от друга определят и сферата на неговата приложимост – за случаи на извънредни ситуации, в оперативната практика, за задълбочени научни или регулаторни изследвания. Получените в дисертацията резултати позволяват да се очертае оптималния кръг задачи за прилагане на съответния модел.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд: Приносите на дисертационния труд се градят от една страна върху резултатите от компютърните симулации с различните, изброени вече, модели, а от друга върху резултатите от различни експерименти - база данни, по

която да се прави сравнение и оценка на различни атмосферни дисперсионни модели, получена от измервания на въздушните потоци и на дисперсията на пасивен трасер в аеродинамичния тунел "WOTAN" в лабораторията на Метеорологичния Институт към Хамбургския Университет; резултати от полеви измервания от "Експеримент в комплексна градска среда" (The Complex Urban Terrain Experiment – CUTE, COST ES1006); полеви експерименти, проведени в ж.к. "Младост" - 1, гр. София; базата данни от експеримента "Michelstadt", в аеродинамичен тунел и пр. По мое мнение достоверността на тези материали не буди съмнение.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд: В своята приносна част дисертационният труд се състои в провеждане на числени експерименти, сравнение на резултатите от компютърните симулации с данни от измервания, анализ на тези сравнения и оценка на приложимостта на разглежданите модели.

На основата на направените тестове и анализи авторът прави извода, че изследваните Гаусови модели могат да бъдат приложени за градска среда: ALOHA и TRACE – по предназначение и с уговорката, че дават големи отклонения в резултатите, а AERMOD – за регулаторни цели и като модел за ранно предупреждение при положение, че е предварително настроен за съответния район.

Проведените числени пресмятания с GRAL за полевия експеримент от района на Хамбург, Германия, реализиран в рамките на COST ES1006 демонстрират способността на модела да се справя като инструмент за ранно предупреждение, дори при ограничена като наличност входяща метеорологична информация. Резултатите от проведените числени пресмятания за разпространение на замърсяване от трафика (NO₂) в част от ж.к. Младост -1, София, за идеализирани комбинации от метеорологични ситуации (скорост и посока на несмутения поток, различни условия на устойчивост) показват изключително нехомогенното поле на замърсителите, както в хоризонтално, така и във вертикално направление, както и обособяване на „горещи точки“ в които е възможно да има локално натрупване на замърсители.

Антон Петров прави извода, че използването на модела за реални ситуации в части от даден град неминуемо изисква наличието на точни данни за разположението, вида и мощността на източниците.

Направените в дисертационния труд изследвания и анализи указват, че CFD моделът OpenFOAM може да даде много детайли, както за разпределението на потока с отчитане на сгради, така и за разпространеното на замърсителите. Той указва също, че нагряването на сградите съществено може да промени компонентите на скоростта на вятъра, а от там и местоположението на зоните с натрупване на замърсители.

Според авторът, поради големите изисквания за компютърен ресурс, все още този вид модели са по-приложими за изследователски задачи. При дисперсионно моделиране в регулаторен аспект, когато са необходими пресмятания за поне една календарна година, с отчитане на различен тип атмосферни условия и замърсители, моделите от Гаусов и Лагранжев тип имат предимство.

Направени са тестове и сравнения на резултатите от 5 модела – различни по сложност и първоначално предназначение – с данни от измервания в пълномащабни полеви измервания и в аеродинамични тунели. С четири от тях – ALOHA, TRACE, AERMOD и GRAL, са направени тестове за приложимост като инструменти за ранно предупреждение при аварийни ситуации на замърсяване в урбанизирана среда.

Сравненията между Гаусовите дисперсионни модели – ALOHA, TRACE и AERMOD показват, че като регулаторен полу-емпиричен модел, AERMOD се

представя най-добре и при подходящи предварителни настройки и осигурен работен интерфейс, той може да бъде използван и като инструмент за ранно предупреждение при ситуации на аварийни изпускания на замърсители. Трудност при работа с модела е необходимостта от захранване с по-подробна метеорологична информация. ALOHA и TRACE от друга страна, са разработени с идеята, че с тях трябва да се работи бързо и експедитивно. Затова изискванията им към входни данни са ограничени до минимум. Това, разбира се, става с цената на по-ненадеждни резултати, когато става въпрос за изчисляване на полетата на концентрация на замърсители в среда с високо строителство.

В Глава V е направена оценка на работата на от CFD модела OpenFOAM в идеализиран уличен каньон. За целта е използвана база данни от измервания в аеродинамичен тунел. Изчислителният модул buoyantBoussinesqPimpleFoam е допълнително модифициран с добавяне уравнение за транспорт на пасивен скалар.

При моделирането с OpenFOAM е използван нестандартен подход за представяне на нагряването на въздуха при земята, а именно – посредством задаване на емпирично изведената средна температура в непосредствено лежащите над земната повърхност клетки от изчислителната мрежа.

Направено е и сравнение между измерените в експеримента “Michelstadt” стойности на концентрацията на етан (C_2H_6) и тези моделирани от AERMOD, GRAL и OpenFOAM. Статистически, най-добре се представя OpenFOAM, следван от GRAL.

По отношение на баланса между точност и необходим изчислителен ресурс GRAL се оказва в “златната среда” – това е модел, който отчита влиянието на сградите върху въздушния поток и отнема малко повече от час на симулация. Освен това, за разлика от AERMOD, GRAL поддържа паралелни изчисления, което може значително за намали времето за симулация. Поради тези причини, авторът прави извода, че GRAL се явява и най-подходящ за практическо моделиране на замърсяването в градска среда.

Антон Петров формулира следните основни приноси на дисертационния труд, които аз безусловно приемам:

1) Проведено е комплексно проучване и критичен анализ на използвани понастоящем числени модели за дисперсията на замърсители в градска среда (по теоретична основа, цел на приложимост, компютърни ресурси, входна информация) - **създаване на нови класификации**

2) Усвоени са два съвременни дисперсионни модела, способни да описват явно (а не чрез параметризации) влиянието на сгради и други препятствия върху разпределението на замърсителите с висока разделителна способност в изследвания район: Лагранжевия модел със CFD модул GRAL и CFD модела OpenFOAM. Прилагането на GRAL за симулации с висока разделително способност за част от София е първо по рода си използване на подобни модели в страната - **създаване на нови технологии на изследване**

3) Приложен е нов подход в CFD моделирането над нагрети повърхности – без изчисляване на радиационния обмен, чрез емпирично задаване на температурата на непосредствено лежащия над нагрятата повърхност слой - **създаване на нови методи на изследване**

4) Направен е сравнителен анализ на резултати от GRAL и OpenFOAM с такива от по-прости Гаусови модели чрез валидиране с данни от пълномащабни полеви измервания и от аеродинамични тунели. Посочени са съответните предимства и недостатъци на всички разглеждани модели и условията за тяхното практическо приложение - **получаване и доказване на нови факти**.

Като се има пред вид социалната значимост на проблема със замърсяване на въздуха в градска среда е ясно, че приносите са значими не само за науката, но и за практиката.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите: Смятам, че дисертационният труд е лично дело на докторантът и напълно се присъединявам към направените от него изводи и претенции за приноси.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: Антон Петров е представил 5 публикации по темата на дисертацията. Една от тях е самостоятелна, а в другите той е първи автор. Четири от публикациите са в престижни международни списания и сборници.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и оперативната практика: Нямам сведения за постигнат пряк икономически ефект от дисертационния труд. Получените резултати относно приложимостта на различните модели, обаче, несъмнено имат отношение към експертната и оперативна дейност на НИМХ.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му: Авторефератът е в обем от 53 страници, добре оформен, като съдържанието му отразява най-важните моменти от дисертацията. Отговаря на изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните приноси на дисертационния труд.

III. Мнения, препоръки и бележки

Смятам, че представеният ми за рецензия дисертационен труд на тема „Моделиране на дисперсията на замърсители в атмосферния въздух в градска среда“ представлява самостоятелен и оригинален принос в науката. От дисертационния труд личи че

- авторът Антон Петров има задълбочени познания в областта на моделирането на замърсяване в градска среда и притежава необходимата професионална зрялост и умения за самостоятелно провеждане на научни изследвания;
- авторът Антон Петров е вложил огромен висококвалифициран труд при разработването му.

Нямам критични забележки към дисертационния труд.

Заклучение

От направената проверка на представените материали за конкурса не са констатирани нарушения в процедурата. Спазени са изискванията на Правилника на НИМХ-БАН към ЗРАСРБ.

Убедено препоръчвам на уважаемото жури да присъди на Антон Петров образователна и научна степен „ДОКТОР“ в професионално направление 4.1 Физически науки (метеорология) в област 4. Природни науки, математика и информатика.

Дата:

РЕЦЕНЗЕНТ:

проф. д.н. Костадин Ганев,
Член-кореспондент на БАН