

**РЕЦЕНЗИЯ**

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

Автор на дисертационния труд: инж. Петко Георгиев Царев

Тема на дисертационния труд: **ХИДРОЛОЖКО МОДЕЛИРАНЕ И КРАТКОСРОЧНО ПРОГНОЗИРАНЕ НА ПРИТОКА В РОДОПСКИТЕ ЯЗОВИРИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЕ И УСТОЙЧИВО ЕНЕРГОПРОИЗВОДСТВО,**

с Научен ръководител: доц. д-р инж. Ерам Кеворк Артинян

Рецензент: проф. д-р инж. Снежанка Балабанова, НИМХ

Настоящата рецензия е изготвена на основание на Заповед на И.Д. Директор на НИМХ № НД 04-24 от 07.10.2024 г. и решение на заседанието на "Научното жури" от 11.10.2024 г. Тя е съобразена с изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за неговото приложение (ППЗРАСРБ) и Правилника на НИМХ - БАН за прилагане на ЗРАСРБ. Рецензията е съставена от **три части** и заключение.

**I. Изисквания към кандидата**

Кандидатът за получаване на образователна и научна степен „доктор” е изпълнил изискванията на чл. 6 на ЗРАСРБ, на раздел II от ППЗРАСРБ и на чл. 33 ал.1. от Правилника на НИМХ - БАН за прилагане на ЗРАСРБ.

Инж. Петко Георгиев Царев е придобил образователно-квалификационна степен магистър по специалност "Хидростроителство" от УАСГ през 2010 година. Дипломата му за висше образование е приложена към документите.

През декември 2012 година е назначен като инженер хидролог в отдел "Автоматизирани системи и бази данни" в НИМХ Филиал Пловдив, където с малко прекъсване работи и до сега. Професионалният му опит включва мониторинг и анализ на данни от автоматични метеорологични и хидрологични станции, разработване на хидроложки модели за прогнозиране на речния и повърхностен отток, анализи на въздействието на изменението на климата върху повърхностния отток. Докторантът е участвал в редица проекти с българско и международно участие, като ARDAFORECAST, FLOODGARD, H-SAF, участие в работна група по хидрология в инициативата на Европейската комисия DestinE. Инж. Петко Георгиев Царев има публикации в областта на хидрологията на български и английски език, в български и международни списания.

Инж. Петко Георгиев Царев със заповед № 9/07.01.2014 г. на Директора на НИМХ е зачислен като задочен докторант към секция "Оперативни анализи и прогнози" към департамент "Хидрология" в НИМХ със срок 4 години в област на висше образование 5. Технически науки, професионално направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия (инженерна хидрология, хидравлика и водно стопанство) и тема на дисертационния труд "Хидроложко моделиране и краткосрочно прогнозиране на притока в Родопските язовири за управление на риска от наводнение и устойчиво енергопроизводство" с научен ръководител доц. д-р инж. Ерам Артинян.

Инж. Петко Георгиев Царев е отчислен с право на защита със Заповед № НД 04-2/06.01.2020 г. на Генералния Директор на НИМХ.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на разширен научен семинар на департаменти „Хидрология“, „Прогнози и информационно обслужване“ и „Метеорология“, проведен на 18.09.2024 г., съгласно заповед № НД 04-23/12.09.2024 г. на И.Д. Генерален директор на НИМХ.

По време на подготовката си инж. Петко Георгиев Царев е изпълнил индивидуалния си план за обучение и по изискванията на нормативните документи е събрал общо 414 точки, както следва:

- изпълнение на образователната програма 130 точки (при мин. 130 точки);
- изпълнение на научната програма 144 точки (при мин. 40 точки);



- публикации на научни резултати по темата на дисертацията 140 точки (при мин. 80 точки)

Предложеният за рецензиране дисертационен труд е в обем от 161 страници, включително съдържание, списък с фигури, списък със съкращения, въведение, единадесет глави, приноси, апробация за изпълнение на научната програма, списък с използвана литература. Текстът на научната разработка е 150 страници, включващи 12 таблици, 55 фигури и 35 уравнения. Съдържанието е разпределено във Въведение и единадесет глави:

Въведение. Във Въведението авторът представя изследвания проблем и неговата актуалност, описва целите и задачите на дисертационния труд, както и средства, с които ще бъдат постигнати целите.

Глава 1. Проучване на научна литература, включва 2 части и изводи. Представена е същността и значението на хидроложките модели. Разгледани са видовете хидроложки модели и тяхното развитие. Направени са изводи за значението на хидроложките модели за разбирането и управлението на водните ресурси.

Глава 2. Научна литература свързана с хидроложка прогноза на притока в язовири и системи за оптимизиране на енергопроизводството от ВЕЦ, включва 2 части и изводи. Разгледани са модели и програмни продукти, с приложение при каскада от язовири. При направените прочвания, не е намерена моделна система с отворен код за симулации на каскада от язовири и оптимизиране на енергопроизводството.

Глава 3. Анализ и симулиране на физичните процеси свързани с генерирането на отток, включва 5 части и изводи. Разгледани са процесите на формиране на оттока. Представени са модели за симулиране на речния отток. Подробно е представен хидроложкия модел TOPMODEL и динамичната му версия TOPODYN. Направен е анализ на компонентите, които оказват влияние при прогнозиране на водни обеми в язовири.

Глава 4. Необходими данни за извършване на изследването, включва 3 части и изводи. Подробно е описана необходимата информация за хидроложкото моделиране и оптимизиране работата на вец с оглед намаляване риска от наводнения. Данните са разделени на статични и динамични. Описани са източниците на информация и необходимата обработка. Подробно са представени техническите характеристики и данни за разглежданите язовири от каскада Арда, които играят важна роля в хидроложкото моделиране и управлението на водните ресурси.

Глава 5. Подготовка и представяне на входни данни за хидрологично моделиране и прогнозиране /в диагностичен и прогностичен режим/ и за оптимизиране работата на ВЕЦ с оглед намаляване риска от наводнения, включва 2 части и изводи. Подробно е представена подготовката на входните данни за хидрологичните симулации с платформата SURFEX. Представени са географски данни за басейна на р. Арда и тяхната обработка за определяне на подводосборите, чиито отток се акумулира във всеки един от трите язовира. Метеорологичната информация е организирана в осем специфични ASCII файла: Валеж в течна фаза; Валеж в твърда фаза; Атмосферно налягане; Температура на въздуха; Влажност на въздуха; Скорост на вятъра; Пряка слънчева радиация; Атмосферна радиация. Използват се данни за тричасов валеж измерен от автоматични станции. Разделението на валежа на твърд и течен се извършва в зависимост от средната температура на въздуха на мястото на измерване на валежа. Температурните полета се интерполират линейно спрямо надморската височина.

Глава 6. Разработване на приложен модел на изследвания проблем, включва 2 части и изводи. Съставен е приложен модел на работа, като е заложен и часови график за изпълнение на всяка една от заложените задачи. Първата част от приложния модел обхваща адаптирането и изпълнението на хидрологичния модел SURFEX – TOP. Системата се стартира ежедневно автоматизирано, за да се гарантира стабилността и непрекъснатостта на работа. Втората част от приложния модел обхваща анализа и прогнозирането на водните нива и обеми в язовирите. За инициализация на прогнозната част на моделирането се използват наземни измервания и данни, отчетени в реално време, за актуалните водни нива и



обеми във всеки язовир, заедно с прогнозните данни за приток. Системата стартира през кратки интервали от време, с което се осигурява почти непрекъснат аналитичен и изчислителен процес. След извършване на необходимите изчисления моделът генерира прогнози за водните нива в язовирите и оттока след тях със стъпка 3 часа, включително преливане на водни количества и работата на ВЕЦ. Процесът е итеративен, като за край е определен моментът на стационаране на водното ниво под НВВН. Водните нива и обеми се представят за следващите 120 часа със стъпка от 3 часа. Процесът на изчисление и прогнозиране се осъществява чрез използване на модел, разработен в Excel с VBA (Visual Basic for Applications). Резултатът е изчислен прогнозен отток след всеки язовир за 5 дни напред. Направен е изводът, че за инициализация на прогнозната част на моделирането трябва да се използват наземни измервания, тъй като за използваните метеорологични променливи, те значително превъзхождат по качество данните от сателитни или други глобални източници на информация.

Глава 7. Адаптиране на съществуващ програмен продукт за провеждане на изчислителен експеримент, включва 5 части и изводи. В тази част се разглежда адаптирането и допълването на използваната моделна система обединяваща повърхностната схема ISBA и хидроложки модел (версия DT92 и TOPMODEL) съдържащи се в платформата SURFEX (версия 7.3) за каскада Арда. Представени са детайлни данни за техническите характеристики на язовирите, включително криви на обемите, брой турбини, водни количества, характеристики на преливниците и водни обеми при различни нива. Входните данни необходими за изчислителна схема за водохранилищата са систематизирани и посочени в Таблица 5 от дисертационния труд. В дисертационния труд са разгледани оперативните правила за провеждане на високи води за всеки един от язовирите. Посочени са и са разгледани основните хидрологични характеристики, които оказват влияние върху водостопанските изчисления при провеждане на високи води: количеството на преработени от ВЕЦ води, преливащи водни количества и прилагане на приети управленски практики. Изчислителният процес е автоматизиран в Windows среда, на основата на софтуера MSeXcel, като е използван водобалансов метод, свързващ концепции използвани за описание на процесите протичащи във водосборния басейн (ISBA-DIF DT92 ) и баланса на язовирното езеро. Представени са прогнози на компонентите на баланса на водохранилищата на базата симулации за притока в тях. Подходящо е избран периода, януари 2019 г, когато във водосбора на р. Арда преминаха няколко високи води. Анализирани са каскадната връзка на язовирите.

Глава 8. Изследване на адаптирания модел, включва 3 части и изводи. В тази глава е направен анализ на чувствителността на параметрите на модела. Описани са и е направено сравнение на две SURFEX схеми: ISBA 3L-TOP - ISBA-3L (3-слойната версия на схемата ISBA и хидрологичен модел TOPODYN) и ISBA-DF-DT92 (комбинация от два модела - ISBA-DF дифузна версия на ISBA и DT92 хидрологичен модел). Представени са статистически резултати за параметрите CRUNOFF (за типа на оттичане), CKSAT (за типа на насищане), NPATCH (указва броя на различните фрагменти съответстващи на типове земно покритие) и G\_LAYER (за броя на слоевете на почвата) при реките - Крумовица, Върбица и Арда. Анализът показва, че има значителни вариации в статистическите показатели в зависимост от комбинацията на параметрите. Всички комбинации показват сравнително високи стойности на коефициента на корелация, което показва добро представяне спрямо средноденоношните наблюдавани водни количества. В разработката е използвана схемата ISBA 3L-TOP EXP, което е обосновано с по-малкото време на изчисление и неголемите разлики в стойностите на статистическите оценки за разглежданите водосбори.

За калибриране на хидроложкия модел на водосборите осигуряващи притока в каскадните язовири са използвани стойности на водни количества за период от 335 дни от 20.09.2019 г. до 20.08.2020 г. с данни от три хидрометрични станции: на река Върбица при село Груево – основен приток на яз. Студен Кладенец, на река Арда при село Китница – основен приток на



яз. Кърджали и на река Крумовица при село Горна Кула – основен проток на яз. Ивайловград. Разглежданият период е подходящо подбран, за да включва периоди със снеговалежи, с наблюдавани високи, средни и ниски води. Калибрираните параметри са: XF\_PARAM\_BV (параметър на експоненциално намаляване на хидравличната проводимост в дълбочина на профила на почвата за даден водосбор); XC\_DEPTH\_RATIO\_BV (параметър за изчисляване на дълбочината, след която почвата се уплътнява до степен да не пропуска вода); XSPEEDR (параметър на скоростта на водата в реките във водосбора); XSPEEDG (параметър на скоростта на водата на подпочвения отток във водосбора); XRTOP\_D2 (параметър за определяне на съотношението между дълбочината на втория слой (коренообитаемия) на модела ISBA и дълбочината на почвата, където се активира латералното разпределение на водата). Статистическите резултати показват за NASH от 0,56 до 0,76; за KGE е малко нисък и е от 0,47 до 0,68; PBIAS е от -30.9 до 41.8. Валидирането на хидроложкия модел и модела на действие на ретенцията на язовирите за водосборите осигуряващи притока в каскадните язовири е извършено за период от 499 дни от 20.08.2020г. до 31.12.2021 г. с данни от трите хидрометрични станции използвани за калибрирането. От представените резултати е направен извода, че валидирането потвърждава ефективността на модела за различни хидрологични условия, правейки го подходящ за използване в практическото моделиране.

Глава 9. Изследване на статистическите характеристики при изчисление на хидроложката прогноза и на оптимизацията на енергопроизводството, включва 2 части и изводи. Анализирани е работата на хидроложкия модел и приложението за изчисление на обеми и преливане на каскадните язовири за минал период 2019-02-04 02:00 до 2019-04-16 20:00). Разгледани са прогнози стартирани съответно 3ч., 6ч., 12ч., 24ч., 48ч., 72ч., 96ч. преди измерените актуални данни от автоматични станции за водно ниво на язовирите. За оценка на точността на прогнозираните водни обеми в язовирите са използвани коефициента на Nash - Sutcliffe (E) и процентното отклонение - PBIAS. Направен е извода, че точността на моделираните водни обеми намалява с увеличение срока на прогнозата, което се дължи на точността на прогнозното поле на валежа във времето и пространството, както и от факта, че трудно може да бъде прогнозирана работа на ВЕЦ. Формулирани са факторите, които трябва да се вземат под внимание при оптимизация на енергопроизводството от язовирни водоелектрически централи: избягване и/или минимизиране на непреработените водни количества /прелели или освободени от облекчителните съоръжения/, достигане на висока крайна стойност на произведената електроенергия в контекста на свободен пазар на електроенергия, съобразяване с работните характеристики на изградените водоелектрически централи за работа с висок коефициент на полезно действие. Графично са представени работните характеристики на турбините на водоелектрическите централи от каскадата, като са използвани данни от разрешителните за водовземане за енергопроизводство на анализирани водоелектрически централи. Изведена е линейната зависимост на специфичния разход  $m^3/kWh$ . спрямо котата на водното ниво при всяка една от централите. Направен е извод, че оптимизацията на енергопроизводството изисква прецизно управление на водните нива и използване на подходящи алгоритми, за да се минимизират загубите и да се максимизира производството на електроенергия на свободния пазар.

Глава 10. Икономически анализ на исторически цени на свободния пазар на електроенергия в България, включва 2 части и изводи. Извършен е клъстерен анализ за различните периоди на цените на електроенергия на свободния пазар в България. От архивни данни на „Българска независима енергийна борса“ (БНЕБ) ЕАД за цени за четири годишен период от 01-01-2018г.- до 31-12-2022 г са определени средни цени за 1 MW по часове и месеци, като периодите на анализ са съобразени с излизането на небитовите потребители на свободния пазар, като разглеждания период е разделен на 2 и са извършени анализи за следните периоди: от 01-01-2019 г.- до 31-12-2020 г. – две години; от 01-01-2021 г. до 31-12-2022 г. – две години; от 01-01-2019 г. до 31-12-2022 г.– общ анализ за четири години. От



извършения клъстерен анализ се открояват шест часови диапазона с най-висока цена за разглежданите периоди. Това са часовете 07-08, 08-09, 17-18, 18- 19, 19-20, 20-21. Средната цена за целия период 2019-2022 е 219 лв/MW като месеците с най-високи цени са Август, Септември и Декември.

Глава 11. Заключение, включва 3 части. Направено е обобщение на отделните глави на дисертацията, както и обобщение на използваните хидрологични модели. Представени са постигнатите резултати: Извършено е моделиране на динамиката на елементите на водния баланс във водосбора, като изпарение, снежни запаси и почвена влажност, съчетано с изчисление на притока към язовирите; Разработено е приложение на система за краткосрочна прогноза за притока и разхода на язовирите от каскада Арда с отчитане на каскадния ефект на водохранилищата; Съставена е изчислителна схема за оптимално действие на водноелектрическите централи в зависимост от прогнозирания приток; Подробно са изследвани проблемите при хидроложко прогнозиране на водни нива в язовирите и оттока след тях, включително влиянието на преливните съоръжения и управлението им при провеждане на висока вълна през язовирите; Методът може да бъде използван в съчетание с всеки разпределен хидроложки модел; Създадено е компютърно приложение, което може да бъде използвано за симулация и прогноза на воден баланс на язовира при симулирани (прогнозирани) данни за притока; Възможност за краткосрочна оптимизация на енергопроизводството на база очакван приток през следващите 120 часа. Направени са изводи за това, че успешното хидрологично моделиране и оптимизация на енергопроизводството зависят от интегрирането на съвременни софтуерни инструменти, систематичното събиране на данни и адаптирането на модели, които да отговарят на специфичните нужди и условия на изследваните обекти. Направеното изследване е важно за устойчивото управление на водните ресурси и ефективното използване на енергийния потенциал на ВЕЦ. Ефективното управление на водните ресурси и минимизирането на риска от наводнения изисква комбинирането на различни модели и подходи, които да отразяват сложността на хидроложките процеси. Продължаващите изследвания и усъвършенстването на съществуващите методи и модели ще допринесат за по-доброто управление и устойчиво използване на водните ресурси в контекста на променящите се климатични условия.

С изложеното по-горе и направената проверка по представените материали констатирах, че са изпълнени всички нормативни изисквания и няма нарушения в процедурата и за допустимост на кандидата до защита. Следователно кандидатът инж. Петко Георгиев Царев може да бъде допуснат до защита.

## **II. Същностна част на рецензията**

### **1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение.**

Актуалността и значението на задачите разработени в дисертационния труд се определят от важността на проблема за ефективното управление на риска от наводнения и за осигуряването на устойчиво енергопроизводство с помощта на хидроложкото моделиране и краткосрочното прогнозиране на речния отток. Към този момент за разглежданите язовири не е реализиран хидроложки водобалансов модел за симулиране на процесите между атмосфера и земя с отчитане на каскадната свързаност на язовирите. В дисертационния труд са разгледани и използвани съвременните подходи и методологии в хидроложкото моделиране, които позволяват по-точно определяне на притока към язовирите. В условията на изменения на климата и нарастващата честота на екстремни метеорологични явления, необходимостта от прецизно прогнозиране и краткосрочно управление на водните ресурси е все по-належаща.

Целта на дисертацията е формулирана ясно и конкретно. Основната цел е разработването на краткосрочен модел за прогнозиране на притока и управление на енергопроизводството чрез освобождаване на водни обеми в язовирите през система от каскадни водноелектрически централи по река Арда, за да се избегне преливане.



За постигане на поставената цел са посочени осем задачи: 1. Моделиране на динамиката на елементите на водния баланс във водосбора, като изпарение, снежни запаси и почвена влажност, съчетано с изчисление на притока към язовирите. Това включва анализ и моделиране на хидроложките процеси, за да се осигури цялостно разбиране на водния баланс и неговите компоненти в областта на изследване.; 2. Разработване и приложение на система за краткосрочна прогноза за притока и разхода на язовирите от каскада Арда с отчитане на каскадния ефект на водохранилищата; 3. Съставяне на изчислителна схема за оптимално действие на водноелектрическите централи в зависимост от прогнозирания приток.

От така формулираните задачи първата има теоретичен характер, а останалите научно-приложен характер.

## **2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.**

Докторантът отлично познава проблема, което се обуславя от придобитите знания по време на дългогодишната му работа в тази област и участието му в национални и международни проекти и специализирани курсове.

Докторантът е направил задълбочено изследване на различните видове хидроложки модели и методи използвани при моделиране притока в язовирите с цел намаляване на риска от наводнения. Той е направил преглед на развитието на хидроложкото моделиране и е представил анализ на широко използваните хидроложки модели за прогнозиране на притока в язовири и приложение при каскада от язовири. Представени са програмни продукти, разработени по темата до момента. В разгледаната научна литература, не е открита обща моделна система, за краткосрочно прогнозиране на притока в повече от два каскадни язовира. Направен е извод, че е необходима разработка за конкретни каскадно разположени язовири. Избран е водосбора на река Арда и хидроенергийната каскада „Долна Арда“. На базата на направения преглед и анализ, като най-подходящ за постигане на поставените цели в дисертационния труд, за прогнозиране на притока в родопските язовири, за управление на риска от наводнение и устойчиво енергопроизводство е избрана моделираща система, която обединява повърхностната схема ISBA и хидроложки модел в платформата SURFEX.

Докторантът показва задълбочено познаване на моделиращата система. Направен е подробен преглед на параметрите на модела и анализ на влиянието им при формирането на оттока. Като входна информация е използвана топографска информация, информация за параметрите на земното покритие, информация за почвените характеристики от надеждни и утвърдени източници, метеорологична и хидроложка информация от базите данни на НИМХ и данни с техническите характеристики на разглежданите язовири. За целите на прогнозиране на оттока е използвана прогностична информация от числения модел ALADIN-BG.

## **3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.**

Има пълно съответствие между поставената цел и задачи, и използваните методи и модели в научното изследване.

## **4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.**

Докторантът е обработил и анализирал значително количество метеорологични и хидроложки данни. За решаване на поставените задачи и постигане на целта на дисертационния труд е използвана топографска информация, информация за параметрите на земната повърхност, информация за почвените характеристики от надеждни и утвърдени в практиката източници; използвани са данни от метеорологичната и хидроложката бази данни на НИМХ и прогностични данни модела ALADIN-BG.



Изследван е и е приложен програмен продукт за хидроложко моделиране, който е с доказани резултати в съвременната световна практика.

#### **5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд.**

Резултатите на дисертационния труд са представени обобщено в следните приноси:

Приноси с научно-теоретичен характер:

- Предложени са нови методи за краткосрочна оптимизация на хидроенергийното производство, основани на очакван приток и прогнозни данни, което допринася за развитието на оптимизационните модели в хидрологията. Оценявам този принос като научен.

Приноси с научно-приложен характер:

- Адаптиран е разпределен хидроложки модел за водосбора на река Арда за прогнозиране притока в язовирите от каскадата. Оценявам този принос като научноприложен.

- Разработен е универсален продукт за симулиране и прогнозиране на динамиката на водните обеми и стоежи във водохранилищата и оттока след каскадни язовири. Оценявам този принос като научноприложен.

- Разработено е и внедрено компютърно приложение, което симулира и прогнозира водния баланс на язовирите, като използва симулирани данни за притока и измерени данни за нивата във водохранилищата. Оценявам този принос като научноприложен.

- Приложението и резултатите от модела са систематизирани и валидирани за каскадата на река Арда, като са предоставени конкретни данни за техническите характеристики на язовирите и преливните съоръжения. Влиянието на преливните съоръжения и управлението им по време на провеждане на висока вълна в язовирите е от особена важност за оптималното функциониране на хидротехническите съоръжения. Оценявам този принос като научноприложен.

Приноси с приложен характер:

- За да бъде приложена разработената схема, е създадено компютърно приложение, което може да симулира и прогнозира водния баланс на язовира, използвайки симулирани (прогнозирани) данни за притока и измерени данни за нивата във водохранилището.

- Разработен е универсален продукт за симулиране и прогнозиране на динамиката на водните обеми и стоежи във водохранилищата и оттока след каскадни язовири. Оценявам този принос като приложен.

- Системата за прогнозиране на оттока ARDAFORECAST, внедрена със заповед на директора на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ) и системата за обслужване на Междуведомствената оперативна система за водите в Горна Тунджа (МОСВ), са примери за внедряването на разработената схема. Оценявам този принос като оперативно-приложен.

#### **6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.**

Потвърждавам, че разработването на дисертационния труд и получените резултати са изцяло заслуга на автора на дисертацията.

#### **7. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

В изпълнение на група показател Г за придобиване на научна степен доктор - Област 5. Технически науки 5.7. Архитектура, строителство и геодезия и покриването на минималните изисквания съгласно Закон за развитието на академичния състав в Република България и Правилник за прилагане на Закона за развитието на академичния състав в НИМХ, са посочени три публикации - една публикувана в българско списание и две в съавторство в издания на международни конференции. Статиите са свързани с работата по дисертационния труд и отразяват постиженията на докторанта.



1. Артинян, Е., & Царев, П., 2023: Хидрологически водобалансов модел за симулиране на естественя отток на реките в България. *Годишник на Университета по архитектура, строителство и геодезия, София*, том. 56, 2023, стр. 251-259 ISSN 2534-9759

2. E. Artinyan, P. Tsarev, 2017. *Reservoirs cascade simulation add-on for river flow forecasting of Arda and Tundzha rivers. Danube conference 2017*. ISBN 978-954-90537-2-2, p.264-267

3. P. Tsarev, G. Koshinchanov, 2021 *Combining ground data from rain gauges and satellite data for the purpose of analyses and forecasts of floods and flash floods, XXIX Conference of the Danubian Countries, September 6–8, 2021, Brno, the Czech Republic* ISBN 978-80-7653-031-7 p. 165-170

#### **8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и оперативната практика.**

Системата за прогнозиране на оттока ARDAFORECAST, внедрена със заповед на директора на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ) и системата за обслужване на Междуправителствената оперативна система за водите в Горна Тунджа (МОСВ), са примери за внедряването на разработената схема.

#### **9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.**

Авторефератът отговаря на изискванията за изготвянето му и отразява адекватно основните положения и приносите на дисертационния труд.

### **III. Мнения, препоръки и бележки**

Представеният дисертационен труд показва много добро познаване на изследванията, свързани с хидрологичното моделиране и прогнозиране на речния отток. Дисертацията е оформена много добре. Таблиците и графиките много удачно и точно илюстрират направените анализи и резултати.

След като се запознах подробно с резултатите представени в разработката, моята препоръка за бъдеща работа е да бъдат използвани и други източници за валежите, за по-добро представяне на пространственото им разпределение, напр. радарна информация.

Имам много добри впечатления от докторанта. Познавам инж. Петко Георгиев Царев от много години и съм работила с него в задачи на института и в международни проекти. Той е много отговорен към поставените му задачи и може да работи самостоятелно и в екип. Прякото му участие в първична обработка на данни, както и отличното му познаване на изследвания водосбор са допринесли за добрата разработка и направените анализи и заключения.

#### **Заключение**

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

Като имам предвид безспорните качества и приноси на дисертационния труд и неговото, както научно така и практическо приложение, давам положителна оценка на работата на докторанта и предлагам на Уважаемото "Научно жури" да присъди на инж. Петко Георгиев Царев образователната и научна степен "Доктор" в област на висше образование 5. Технически науки, професионално направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия (Инженерна хидрология, хидравлика и водно стопанство).

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

/проф. д-р инж. Сн. Балабанова/