

## СПРАВКА ЗА НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ

непредставени за научните степени „доктор“, „доктор на науките“ и научното звание „доцент“

На

**РАДКО МИХАЙЛОВ ПЕТКОВ**

Имам следните научни и научно-приложни приноси в теорията и практиката:

- I. **Общ анализ на научните трудове от списъка на представените за участие в конкурса научни публикации:**

Таблица 1

Научни трудове	У нас	В чужбина	Общ брой
1. Публикувани извън дисертациите за ОНС « Доктор» , «Доктор на науките» и Доцент	18	7	25
• Самостоятелни	8	5	13
• Първи автор	1	0	1
• Втори и следващ автор	10	2	12
2. Дисертация за ОНС « Доктор»	0	4	4
3. Дисертация « Доктор на науките»	13	7	20
4. Научно знание доцент	12	5	19
5. Общ брой научни трудове	44	16	68

Изследователския ми интерес е бил насочен в различни направления и подразделения на хидравликата. Разработвал съм научно-приложни проблеми свързани с:

1. **Нестационарни движения в тръбопроводи – хидравличен удар**
2. **Хидродинамично моделиране на хидротехнически съоръжения.**
3. **Моделиране на процесите на филтрационна дисперсия в порести среди.**

4. Сорбционни процеси в порести среди.
5. Вълнови процеси в открити течения.
6. Замърсяване с торове на подземните води.
7. Оптимизиране на местонахождението на източниците на замърсяване на подземните води .

#### 1. Нестационарни движения в тръбопроводи – хидравличен удар

На основата на частните диференциални уравнения на бързите колебания, които са нелинейни, е изследвано влиянието на конвективното ускорение върху величината на хидравличния удар. Нелинейните членове в системата диференциални нелинейните уравнения намаляват величината на положителния хидравличен удар в сравнение с величината на удара без отчитане на тези членове. Тези изводи на автора са направени, базирайки се на численото решение на системата нелинейни диференциални уравнения. Работата има научно-приложни приноси в численото моделиране в хидравликата – **труд № 50**.

В **труд № 51** са решени числено интегралните уравнения на бързите колебания при нестационарни процеси в напорни системи. С помощта на метода на крайните разлики е получена от авторът числена схема за интегралните уравнения на бързите колебания. Доказана е устойчивостта и сходимостта на числената схема аналитично. Последното е теоретичен принос в математиката при численото решаване на хиперболични системи диференциални уравнения. Въз основа на разработената оригинална числена схема е съставена програма на език Фортран - IV за машини ЕС-1040.

Изследвано е влиянието на дисипативните членове върху величината на хидравличния удар с числено моделиране, състоящо се в численото решаване на системата нелинейни диференциални уравнения. Получените числени резултати дават възможност да се оцени количествено, влиянието на хидравличните загуби върху величината на максималния възможен хидравличен удар. Получените резултати ни дават възможност да направим препоръки на практиката за грешките, които се допускат при определянето на хидравличния удар без отчитане на хидравличните загуби (нелинейните дисипативни членове в системата нелинейни диференциални уравнения ) или да се отчитат чрез началните условия на конкретната задача.**Труд № 52** има научно приложен принос.

В **труд № 53** е приложен методът на характеристиките за интегралните уравнения на бързите колебания и е сравнен с метода на крайните разлики. На основата на получения числен метод е съставена програма на език Фортран- IV. С помощта на числения експеримент е получено влиянието на хидравличните загуби при различни коефициенти на загубите. При пряк хидравличен удар е получено с помощта на численото моделиране, че хидравличните загуби намаляват максималния удар. Определено е какво влияние оказват загубите върху нестационарните процеси в напорни системи както при пряк, така и при непряк хидравличен удар. Последното е научно-приложен принос в практиката на експлоатация на водостопанските системи и мрежи.

Аналитично е изследвана граничната задача **труд № 54** при определяне на хидравличен удар в системи с местни съпротивления. Доказано е, че хидравличните загуби могат да се съсредоточат само в една точка, което значително облекчава решаването на задачата в сравнение със случай, когато се разпространяват по цялата дължина на тръбопровода. Последното е теоретичен принос в теорията на граничните хиперболични уравнения.

2





В **труд № 56** е изследвано влиянието на глухите отклонения в напорни системи. Използван е численият метод на крайните разлики и е съставена програма на ЕИМ за решаването на интегралните уравнения на хидравличния удар при наличието на триене. Използувано е нелинейно гранично условие, което регулира разхода в реактивните турбини. Въз основа на числения експеримент е направен анализ на влиянието на глухото отклонение върху величината на хидравличния удар и са дадени конкретни препоръки за практиката. Работата има научно-приложен принос в теорията на глухите отклонения в напорни системи.

Използвайки интегралните уравнения на хидравличния удар е получено числено решение за определянето на максималния хидравличен напор в системи с цилиндрични водни кули без добавъчно съпротивление - **труд № 57**. Водната кула се разглежда като променливо гранично условие със свободна повърхност на единия край на кулата. С помощта на численото решение е получено влиянието на водната кула върху максималната величина на хидравличния удар в напорната системата. От числения експеримент е направен извод, че дори при водни кули със значително по-голямо сечение относно сечението на напорния тръбопровод непосредствено след кулата процесът на частичното прескачане и отражение на ударните вълни във възела на спрягането на тръбопроводите с водната кула, трябва да се вземе под внимание при решаване на задачата за хидравличен удар в системата. Направено е сравнение с експериментални данни, което потвърждава достоверността на получения математическия модел и използвания числения метод за решаването му. Като цяло статията има научно-приложен принос.

## **2. Хидродинамично моделиране на хидротехнически съоръжения.**

На базата на фундаменталните уравнения на Навие-Стокс е получен затворен математичен модел на обтичането на обратен праг от вискозен несвиваем флуид, състоящ се от системи нелинейни диференциални уравнения. Получени са граничните условия, които реално описват физическия модел на обтичане на обратен праг от вискозен флуид. Разработката в цяло има теоретичен принос в теорията на математическото моделиране в хидродинамика - **труд № 58**.

Използвайки фундаменталните уравнения на механиката на флуидите е получен затворен математичен модел (система нелинейни диференциални уравнения) на хидравличен скок след изтичане под щит с въвеждането на приемливи хипотези от авторите. Моделът се състои от система нелинейни диференциални уравнения. Получени са граничните условия с отчитането на дисипацията на енергията. Като цяло работата има теоретичен принос в математическото моделиране на хидродинамиката - **труд № 59**.

С помощта на уравнението на топлопроводността е изследвано разпространението на температурата по ширина на бетонови масиви. Използувана е явна числена схема за решаването по метода на крайните разлики на нестационарното уравнение на топлопроводността. Разработени са алгоритми и програма за численото решение на параболичното уравнение на топлопроводността. Получените числени резултати са сравнени с експериментални данни, което доказва достоверността на разработения числен метод. **Труд № 55** има научно-приложен принос.

## **3. Моделиране на процесите на филтрационна дисперсия в порести среди.**

В монографията **труд № 43** е представен математичният модел на нестационарна филтрационна термодисперсия, като е отчетено изменението на





плътността и вискозитета на флуида в зависимост от концентрацията и температурата на съдържащите се примеси. Полученият математичен модел се основава на известните диференциални уравнения на филтрация, дисперсия и топлопроводност в порести среди, решени числено с помощта на МКЕ в постановка на Гальборкин и МКР. Входните параметри, заложи в програмата за численото решение, са в безразмерен вид, което от една страна позволява анализиране при произволни размери на областта, а от друга, улеснява работата и обработката на изходните матрични данни. Получените числени резултати са сравнени с известни в литературата експериментални данни от други автори и съществуващи аналитични решения за безкрайна област. Математичният модел на конвективна дисперсия и численото му решение отразяват адекватно физическия процес на това явление. Получените резултати показват добра сходимост, което е резултат от използването на безусловно устойчиви числени схеми. Последното е научен принос в математическото моделиране.

Разработен е метод, чрез който могат да бъдат оценени коефициентите на дисперсия на неконсервативни примеси в порести среди. Колебанията на скоростта в пореста формация са симулирани чрез използване на тримерен модел на подпочвени течения със случайни вариации на хидравличната проводимост. Симулираните колебания на поревата скорост в хомогенни порести среди съответстват добре на закона на Darcy за скоростта на филтрация. Показано е, че коефициентите на дисперсия, оценени по предложения метод, съответстват добре с експерименталните резултати в изотропни порести среди. Предложеният метод може да бъде приложим в случаи, когато молекулният дифузионен ефект е незначителен. Получените резултати от научното изследване ще бъдат изключително полезни в случаи, при които не са известни дисперсионни измервания.

Разработеният метод представлява стъпка в оценяването на дисперсионните коефициенти в различни порести среди въз основа само на хидрогеоложки данни.

В монографията е представена концепция и описание на извеждането на линеен, Langmuir и Freundlich сорбционни модели. Подходящия избор на модел, описващ сорбционните процеси, е особено важен за точното прогнозиране на транспорта на замърсяването в порести среди. При прилагането на тези модели от значение е правилното адаптиране на експерименталните данни за всеки от тях. Изследвано е влияние на избора на изотерма върху замърсяването на порестите среди. Показано е влиянието на неравновесната сорбция върху транспорта на замърсители в порести среди

Получен е оригинален спрегнат оптимизационен модел на миграция на неконсервативни примеси в тримерния нестационарен случай. Моделът има съществено предимство пред известните имитационните модели, които изискват многократно решаване на правата задача, свързано с голямо увеличение на компютърното време. Полученият спрегнат модел дава възможност с еднократно решение на обратната задача да се оптимизира разположението на източниците на замърсяване на подземните води. Предложен е числен метод за решаването на спрегнатия модел с използването на МКЕ и МКР. За целта е получена трансформация на възлите на крайните елементи, с помощта, на която се дискретизира филтрационната област за всяко  $t$ . В тримерния случай е предложен оригинален хибриден модел: дискретизацията в третото направление се осъществява по метода на крайните разлики, а в останалите две по метода на крайните елементи. Фактически се ползва представянето на задачата в локално-двумерно и локално-едномерно приближение като за локално-двумерната апроксимация по пространството на задачата се използва явна апроксимация по времето. Като цяло методът е ефективен и спестява памет, време и е по-лесен за програмиране в сравнение с използването на тримерни крайни елементи. Програмата на персонален компютър ни дава възможност да установим влиянието на хидродинамичните параметри върху процеса на миграция на разтворими примеси в порести среди при безнапорно движение. Разработката като цяло има безспорен социален ефект.





Разработен е софтуер “Nonsteady\_Termo\_Dispersion-RP”, работещ под Windows и визуализиращ резултатите, използвайки Matlab. Софтуерът е приложен за реални условия при съответните входни данни. Степента на обосноваване и достоверност на научните постижения се обезпечава от използване на допълнен хидродинамичен модел, основан на фундаменталните уравнения на филтрация, дисперсия и топлопроводност. Резултатите от числения експеримент са съпоставени с експерименталните данни на други автори и съществуващи аналитични решения за полубезкрайна област. Получената добра сходимост свидетелства за достоверност на получените резултати и изводи, направени въз основа на тях. Представените в монографията резултати са докладвани на научни форуми в България, Русия, Сърбия, Унгария, Швеция и Германия. Получените хидродинамични модели и софтуерът са внедрени в практиката в четири разработки у нас и чужбина.

В известните в световната практика математически модели, уравненията на филтрация, дисперсия, топлосопонос се решават като независими едно от друго. В представените трудове № 44, 45, 49, 62, 65 горните уравнения са решени числено съвместно, като са добавени и уравненията на състоянието на флуида. Решава се двумерна и тримерна нестационарна задача при безнапорно и напорно движение на неконсервативни разтворими примеси в порести среди. За численото решение в тримерния случай е използван хибриден числен метод, комбинация между МКЕ и МКР . Математическото моделиране на процесите на миграция на активни примеси в подземните води. намира широко приложение за решаването на различни хидрогеоложки проблеми, свързани с оценка на замърсяването, оразмеряване на санитарно-охранителни зони и прогнозиране на миграцията на активни примеси в подземните води. Изградена е съвременна концепция, методология и препоръки за практически приложения на филтрационната термодисперсия на неконсервативни примеси в порести среди, което е научен принос в математическото моделиране на тези процеси.

Разработен е софтуер “Nonsteady\_Termo\_Dispersion-RP”, работещ под Windows и визуализиращ резултатите, използвайки Matlab.

Степента на обосноваване и достоверност на научните постижения се обезпечава от използване на допълнен хидродинамичен модел, основан на фундаменталните уравнения на филтрация, дисперсия и топлопроводност. Достоверността на получените резултати се обезпечава и от факта, че при използваните числени експерименти са използвани абсолютно устойчиви и сходящи числени схеми.

Получените числени решения показват, че ако вискозитът на транспортиращия флуид се отличава на  $\pm 20\%$ , плътността на  $\pm 50\%$ , в сравнение със случаите, когато примесите са консервативни, влиянието на фронта на замърсяване е пренебрежимо малко. При по-голяма плътност движението на флуида, респективно дисперсията, се забавя като цяло.

Последните 5 труда имат фундаментален принос в теорията с непосредствено приложение в практиката, тъй като реално всички области са тримерни.

#### 4. Сорбционни процеси в порести среди.

Внимателният избор на уравнения и модели за скоростта, описващи точно сложната и специфична динамика на сорбционните процеси, е задължителен за прецизно моделиране на развитието и преноса на замърсители в порести среди.

Симулациите на преноса на разтворено вещество, основани на тези модели, сравняват оценената чувствителност при транспортиране на замърсители при изотермичен модел и изчислените (оценените) параметри на модела. Подчертано е значението на разумен избор на изотермен модел и внимателно оценяване на параметрите.



Положени са значителни усилия за изясняване на механизмите, управляващи сорбцията на органични замърсители в почви и утайки, и за включването на тези механизми в изотермични модели. Сравнително малко изследвания анализират влиянието на типа изотермичен модел, използван за оценяването на преноса на замърсители в порести среди. Авторът изследва чувствителността на транспортните симулации при порести среди в зависимост от избора на сорбционна изотерма и от техниките, използвани за събиране и интерпретиране на експерименталните сорбционни данни.

Представена е концепция и описание на извеждането на линеен, Langmuir и Freundlich сорбционни модели. Подходящия избор на модел описващ сорбционите процеси е особено важно за точното прогнозиране на транспорта на замърсяването в порести среди. При прилагането на тези модели от значение е правилното адаптиране на експерименталните данни за всеки от моделите. Изследвано е влияние на избора на изотерма върху замърсяването на порестите среди. Показано е влиянието на неравновесната сорбция върху транспорта на замърсители в порести среди. С числено моделиране е изследвано влиянието на сорбционите модели – **труд №47**.

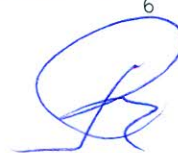
Изследвани са механизмите за изясняването управляващи сорбцията на органични замърсители в почви и утайки, и за включването на тези механизми в изотермични модели. Сравнително малко изследвания анализират влиянието на типа изотермичен модел, използван за оценяването на преноса на замърсители в подземните води. Подходящият избор на модел описващ сорбционите процеси е особено важно за точното прогнозиране на транспорта на замърсяването в подземните води. При прилагането на тези модели от значение е правилното адаптиране на експерименталните данни за всеки от моделите. Изследвано е влияние на избора на изотерма върху замърсяването на подземните води. Показано е влиянието на неравновесната сорбция върху транспорта на замърсители в подземните води. С числено моделиране е изследвано влиянието на сорбционите модели – **труд № 60**.

В **труд № 64** е разгледан адвективно-реакционен модел на сорбция в хомогенна изотропна среда. Моделът е приложен при изследване процеса на замърсяване на питейни води с ниски концентрации на железни и манганови йони. Използувани са адсорбенти с различен диаметър на зърната и филтрационни колони с различна височина. Уравнението в безразмерен вид отчитащо сорбционния ефект при линейна изотерма е решено числено в програмната средата на MATLAB. Полученият модел ни дава възможност да изследваме влиянието на сорбционните процеси в порести среди при наличие на съответна входна информация, както за количеството и вида на постъпващия замърсител така и за физико-химичните свойства на сорбентите.

## 5. Вълнови процеси в открити течения

Авторите предлагат аналитично изследване на натоваването от разбиващи се вълни върху брегови откос – един слабо изучен феномен, влияещ съществено върху морската ерозия. Решавайки уравненията на движение на Лагранж на базата на линейната теория на вълни с малка амплитуда, са изведени формули за оценка на динамичното вълново въздействие върху вертикална преграда. Формулите са представени във вид на експоненциално времеви зависимости и са получени с използването на функцията на Вейбул (Weibull) за вероятностно разпределение. **Труд №46** представлява оригинален анализ на характера на ударната сила на разбиваща се вълна.

В **труд № 48** се предлага числено определяне на хидродинамичните характеристики (присъединената водна маса и вълновото съпротивление) на системи от свързани хоризонтални цилиндрични тела (понтони), плаващи на и под свободната водна повърхност. В решението е използвана линейната вълнова теория на Ери (Airy),





дифракционната теория и теорията на плоските сечения, свеждащи задачата до двумерна. Хидродинамичните характеристики, получени по метода на пулсиращите вълнови източници и изведени от комплексната функция на Грийн (Green) за скоростен потенциал, са представени в зависимост от вълновата честота. Решението е реализирано чрез изчислителна програма, съставена на Фортран и е облекчено отгледна точка на машинното време чрез прилагане на условията на вертикална симетрия. В графичен вид са приложени хидродинамичните характеристики на системи от три и четири хоризонтални цилиндри, плаващи в течност с безкрайна дълбочина (идеализирана апроксимация на понтони тип тримаран и катамаран в дълбоководен басейн). Трудът има научно-приложен принос.

#### **6. Замърсяване с торове на подземните води**

Пестицидите и минералните торове са основните замърсители на почвата. Степента на замърсеност с пестициди се определя от количеството им в почвата. Нерационалното прилагане на минералните торове може не само да мобилизира отделните хранителни елементи на почвата, но и свързвайки се с тях, да ги превърне в недостъпни за растенията форми. По такъв начин се изменят агротехническите свойства на почвата и се намалява почвеното плодородие.

При наторяване с азотни торове растенията използват азота за синтеза на белтъци. Излишните количества нитрати се натрупват в растителните тъкани, преминават в тревопасните животни, в питейната вода, във водните организми и в човека. Липсата на естествен механизъм за превръщането на нитрати в безвредни съединения прави проблема особено опасен. Подходящия избор на математичен модел описващ миграцията на постъпващите минерални торове е особено важно за точното прогнозиране на транспорта на замърсяването в подземните води. При прилагането на тези модели от значение е правилното адаптиране на експерименталните данни за всеки от моделите.

Разработен е софтуер за решаване на задачи, свързани с миграцията на замърсители от торове в подземните води. Получените резултати могат да бъдат използвани за класификация на замърсените почви у нас вследствие употребата на естествени и изкуствени торове, с оглед бонитацията на екологичните условия – **труд № 66.**

Разработен е алгоритъм за численото решаване на задачите, свързани със замърсяването на подземните води с торове. Въз основа на получените числени резултати са формулирани методични предложения за определяне влиянието на плътността и вискозитета в зависимост от уравненията на състоянието при филтрационна дисперсия в подземните води.

Разработен е софтуер за решаване на задачи, свързани с миграцията на замърсители от торове в подземните води. Получените резултати могат да бъдат използвани за класификация на замърсените почви у нас вследствие употребата на естествени и изкуствени торове, с оглед бонитацията на екологичните условия. Числените резултати от софтуерния продукт са визуализирани в среда на Matlab - **труд № 61.**

#### **7. Оптимизиране на местонахождението на източниците на замърсяване на подземните води**

За пръв път са получени аналитично спрегнатите диференциални уравнения на филтрационна дисперсия в тримерния случай при наличието на свободна повърхност, доказано е с помощта на двойствеността на функционалите на правата и спрегнатата задача, че с еднократно решение на спрегнатата задача може да оптимизираме местонахождението на източниците на замърсяване на подземните води.



Последното е оригинален теоретичен принос, който спестява много машинно време в сравнение с имитационните модели, където правата задача се решава многократно с различно местонахождение на източниците на замърсяване. Такава задача се решава за пръв път в световната практика. Разработен е оригинален числен метод и алгоритъм за решението на спрегнатата задача. За постигане на целта е получена трансформация на възлите на крайните елементи при дискретизацията на областта на решение. Разработката може да бъде внедрена при проектирането на обекти в народното стопанство с цел да бъде запазена околната среда от замърсяване. Като цяло работата има научно-приложен принос в теорията на движението на замърсители в порести среди и може да послужи за експертна оценка . на замърсяването на подземните води – **труд № 63**.

В труд № 67 е приложен спрегнат оптимизационен модел на миграция на примеси в тримерния нестационарен случай при безнапорно движение за долното течение на река Тунджа. Моделът има предимство пред имитационните модели, които изискват многократно решаване на правата задача, което е свързано с голямо увеличение на компютърното време. Получените модели дават възможност с еднократно решение на обратната задача да се оптимизира разположението на източниците на замърсяване на подземните води.

17.06.2016г.

Подпис:



Доц.дтн Радко Петков