

Авторска справка за приносите за участие в конкурса за „Доцент”  
на главен асистент д-р Константин Методиев  
след защита на дисертация за ОНС „Доктор” към м. Април, 2017 г.

Кандидатът гл. ас. д-р инж. Константин Методиев е работил в продължение на осем години в следните научни направления:

- 1) Изчислителна флуидна динамика.
- 2) Небесна механика.
- 3) Динамика на полета на летателни апарати.
- 4) Механика на флуидни течения в порьозни среди (физика на почвата).
- 5) Проектиране с помощта на 3D CAD/CAM/CAE системи.

Следва изложение на научно – приложните приноси в отделните направления.

### **1. Изчислителна флуидна динамика.**

1.1. Приложение на Метода на крайните обеми и Метода за дисипация на числената флукия на Филип Роу (Roe's Flux Difference Splitting Method) за анализ на външни и вътрешни течения на свиваем флуид.

Съвременните средства за компютърна симулация на флуидно течение предоставят на детайлна информация относно специални тестови случаи, които по-рано са изследвани само експериментално. Компютърът е привлекателно средство в качеството му на заместител на експерименти, които са трудни, опасни или скъпи за реализация, както и алтернатива на невъзможни такива. Въпреки това компютърната симулация не се ползва със статуса на физичен експеримент, тъй като по настоящем все още съществуват съмнения за нейната точност. Дори компютърната симулационна програма да бъде изчистена от грешки до степен, съответстваща на критериите на програмиста, рядко е възможно да се даде точно доказателство, че тези критерии са коректни за разглеждания случай. Повечето от практическите програми, написани за да решават сложни задачи, съдържат особености от емпирично естество например под формата на „променливи коефициенти”, чиито стойности трябва да се „настройват” чрез позоваване на експерименти, които симулацията би трябвало по начало да замести.

Дадена компютърна програма се счита за нечувствителна (англ. robust) към различни отклонения и нееднородности в началните и граничните условия на проблема ако притежава полезното качество да дава надеждни резултати от широк клас задачи без да е необходимо да се настройва. Идеален код е този, който напълно отговаря на определени спецификации в зададения клас от

задачи и всеки ред на който е безусловно необходим, за постигането на поставената цел. Едва няколко кода се доближават до този идеал, тъй като по настоящем трудно се дефинира какви точно спецификации трябва да се задават без това да доведе до противоречия.

В последните години обаче схващането за структурата на компютърните програми относно определен клас задачи се е развило до завършено ниво. Решаваните задачи са дотолкова сложни, че непосредственото прилагане на числени методи дава по правило катастрофални резултати, но са едновременно и достатъчно обособени, че правилно разбираният физичен проблем може да подскаже пътя към постигане на прецизни резултати. Като пример може да се посочат задачи, третиращи нестационарно едномерно течение на безвискозен свиваем газ. Основната трудност в директното прилагане на числен метод е наличието на явления в течението, които в „безвискозната“ апроксимация са особености на численото решение. Дори и с отчитане на вискозитета тези явления са с твърде малки геометрични размери, за да се решават по изчислителна мрежа с приемлива размерност. Параметрите на флуида може да се променят през ударна вълна или контактна повърхност, а така също може да съществува особеност на производните през всяка характеристична крива на течението. До преди около десетилетие интензивно се дискутираше дали такива течения могат да бъдат решавани акуратно. Тук не се вземат в предвид методите, в които подобни особености са заложили предварително, позицията им в полето на течението се следи и вместо самите уравнения, решават се подходящи релации, описващи скока на параметрите на течението през дадената особеност.

Изчислителните програми, които ефективно игнорират особеностите в полето на течението чрез прилагане на една и съща числена схема в изчислителната област (наречени „*shock – capturing schemes*“) постигнаха до известна степен практически успех, но в региони където поведението на особеностите трябва да се наблюдава, численото решение изобразява преходен участък с голям или малък наклон, съпроводен от нереални осцилации. Трудно е да се оспори факта, че не може да се очаква достоверно числено решение на диференциални уравнения в региони, където за точното решение производната не съществува. От тогава насетне методите „*shock-capturing*“ са постигнали известно развитие както поради интерпретиране на дискретните уравнения в тяхната интегрална форма вместо в диференциална, така и чрез използване на идеи, заимствани от теория на характеристиките.

Методът на крайните обеми е числен метод за решаване на частни диференциални уравнения. Посредством прилагането му се намират стойностите на консервативните променливи на течението, усреднени за

дадения обем. Едно негово предимство пред Метода на крайните разлики например е, че не е необходимо непременното използването на структурна изчислителна мрежа. Методът на крайните обеми е много гъвкав в случаи, когато се прилага по разредена, нееднородна мрежа, както и в случаи, когато мрежата се движи, за да проследява особености в полето на течението – елементарни разширителни и/или ударни вълни.

Понятието „краен обем” означава малък обем, който обхваща даден възел на мрежата (node-centered method) или е съставен от няколко съседни възела (cell-centered method). Широко разпространена практика е използването на теоремата на Гаус – Остроградски за понижаване кратността на интегралната форма на уравненията. Например интегралната форма на флукс – векторите в система ЧДУ на Ойлер за движение на свиваем флуид, след прилагане на теоремата, се свежда до пресмятане на интеграл по повърхнина. Числените флуksии тогава се изчисляват по стените на крайния обем, като последните се апроксимират с прави (2D) или равнини (3D). Това позволява флуksиите да се пресметнат точно, като грешката на метода от споменатото заместване се компенсира от малката площ (респ. кубатура) на контролния обем. Съблюдава се правилото, че флуksията, навлизаща в контролния обем, е числено равна на тази, която напуска предходния обем. В този случай методът на апроксимация се нарича консервативен. Друго предимство на Метода на крайните обеми е, че те лесно се преформулират за случай на неструктурни мрежи – графи, мрежа на Вороной, треангулация на Делоне и други хибридни.

Разработките на кандидата по изчислителна флуидна динамика не са първи в нашата страна. Като пионер в областта може да се посочи проф. Запрянов и неговия учебник „Хидродинамика” (З. Запрянов, изд. СУ, София, 1996). Там изчерпателно се обсъжда метода на крайните разлики за решаване на система на Навие – Стокс. **Принос на кандидата в областта** е прилагането за първи път в България на Метода на крайните обеми и схемата за дисипация числената флуksия на Филип Роу към система частни диференциални уравнения на Ойлер. Методът е широко използван в комерсиални продукти по Изчислителна флуидна динамика, например FLUENT.

**Друг принос на кандидата в областта** е експериментирането с различни размерности на изчислителна мрежа от елиптичен тип. Последната е получена чрез решаване на частните диференциални уравнения от втори ред на Лаплас. Показано е, че гъстотата на мрежата не подобрява сходимостта на численото решение, а само повишава резолюцията на резултата. Това е приложимо за изследване на явления в полето на течението, например ударни вълни около крилен профил в трансзвуковия скоростен диапазон.

При прилагане **от кандидата** на различни схеми за интегриране на времепроизводната **се установи** различна степен на сходимост на численото решение. Изследвани бяха едностъпкови (Рунге – Кута) и двустъпкови методи (Адамс, предиктор – коректор). Установи се също, че адаптивната стъпка на интегриране увеличава сходимостта. Като цяло показано бе, че всички методи водят до приблизително до едно и също решение, но с различна степен на сходимост. Най–добрата схема се оказа двустъпкова предиктор – коректор с адаптивна стъпка на интегриране.

Използваните гранични условия на задачата отчитат непроницаемост на обтичаната стена, а така също и влиянието на акустични смущения в полето на течението.

Справка + сорс код: <http://www.space.bas.bg/acsu/cfd.htm>

Публикации по CFD: №№ 1, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 16, 20, 22, 26

1.2. Приложение на панелни методи за анализ обтичането на крилни профили с идеален флуид.

Основна задача на аеродинамичното пресмятане на крилни профили се явява в крайна сметка създаването на високоефективни такива, притежаващи оптимални аеродинамични характеристики. Решението на тази задача е невъзможно без теоретично и експериментално изследване обтичането на профила. В частност за обезпечаване на добрите му показатели е необходимо да се изучат загубите от триене и налягане (профилни съпротивления), които загуби са тясно свързани с разпределението на скоростта и налягането по контура на изследвания профил.

В продължителен период от време проектирането на крилни профили се е основавало на натрупания опит (теорията на подобие е създала възможност за това). Напредъкът, който се достигна през последните 40 – 45 години, не толкова в областта на теорията, колкото в областта на изчислителната техника, даде съществено отражение върху съвременните инженерни методи. Тяхното приложение доведе до забележимо подобрене на някои от характеристиките на профила – преди всичко на създавания коефициент на подъемна сила.

Приложението на метода на еквивалентното вихрово покритие, което служи за замяна контура на профила, е резонен подход, тъй като специфичната проява на крилния профил е създаването на подъемна сила, обичайно насочена от лицевата към тилната му страна. Това показва, че, средно взето, наляганията по тила са по-малки от тези по лицето на профила или иначе казано – че скоростите по тила са средно взето по-големи от скоростите по лицето. Накратко, профилът предизвиква прекъсване в големината на скоростта.

Лесно се забелязва, че подобно свойство проявява един разположен в течението покрит с вихри слой. Степента на насищане на дъгата – носител на слоя е уместно да се определи чрез т. нар. напрежение на слоя  $\gamma$ , като  $\gamma = d\Gamma/ds$ . Ако течението представлява сума от равномерно течение със скорост  $w$  и индуцирано такова от вихровия слой, то циркулацията по него ще бъде  $\Gamma = (w_e - w_i)\Delta s$ . От друга страна, по теоремата на Стокс  $\Gamma = \gamma\Delta s$ ; приравняването на двата израза за  $\Gamma$  дава следната основна зависимост:  $\gamma = w_e - w_i$ .

Оказва се, че вихровият слой притежава онова свойство, което по-горе бе изтъкнато като присъщо на крилния профил – да създава прекъсване в големината на скоростта. Ето основанията за въвеждане на т. нар. вихров модел на профила – реалната му непроницаема стена да се замени чрез еквивалентен по въздействие върху течението вихров слой.

Относно  $\gamma(s)$  може да се каже значително повече. Двама учени – Прагер и Мелников, са забелязали един съществен факт, който предава ново физическо тълкувание на  $\gamma(s)$ . Той е формулиран като теорема, с която се утвърждава, че по обтечения контур  $|w(s)| = |\gamma(s)|$ . Вихровият модел на профила е въобще проникваем за флуида и затова течението може да се развива както вън, така и във вътрешността на профила. Познатото свойство на  $\gamma(s)$ , а именно  $\gamma(s) = w_e(s) - w_i(s)$  ( $w_e$  е скоростта вън, а  $w_i$  – скоростта вътре в контура), е, разбира се, налице. Оказва се обаче, че  $w_i \equiv 0$ . Действително, ако това не е така, поради условието, че  $s$  е токова линия и флуид не може да премине през нея, токовите линии в контура би трябвало да са затворени криви. Флуидните частици биха се движили по тях с насочени по направлението на обхождане скорости и циркулацията по тези криви би била различна от нула. По теоремата на Стокс това би означавало, че в контура се съдържат вихри, каквито в модела отсъстват. Остава да се заключи, че  $w_i = 0$ , от където следва, че  $|\gamma(s)| = |w_e(s)|$ , т. е. интензивността на вихровия слой в произволна точка от профила е равна на големината на скоростта.

По такъв начин с определянето на  $\gamma(s)$  се намира и разпределението на скоростта за произволен ъгъл на атака.

Задачата за анализ на крилен профил се състои в определяне параметрите на течението по профила при зададени геометрични параметри на същия. Методите за решаване на задачата са следните:

- метод на числено конформно преобразуване (метод на Нуджин);
- метод на ходографа;
- пряко решаване на Лапласовото уравнение. Уравнението на Лаплас би могло да се реши с помощта на крайни разлики, гранични елементи, крайни елементи.
- Метод на граничните интегрални уравнения (панелен метод).

Въз основа на така **въведените от кандидата предпоставки**, Методът на граничните интегрални уравнения е лесно и най-вече разбираемо приложим. Той позволява да се намери напрежението на еквивалентното вихрово покритие по даден контур със зададена геометрия (права задача) или извършване синтез на последния по зададено нормирано разпределение на завихреността по него (обратна задача).

От съпоставянето на граничните интегрални уравнения от първи и втори род могат да се направят следните изводи (**претенция за принос на кандидата**). Уравнението от първи род, ако е записано с токовата функция  $\psi(x, y)$ , има логаритмична особеност, но записано спрямо интензивността на вихровия слой  $\gamma(s)$  особеността е степенна. Ядрото на уравнението от втори род е непрекъснато навсякъде, освен в острието на крилния профил, което прави това уравнение по-предпочитано. Недостатък обаче се явява фактът, че уравнението от втори род не може да се запише за токова функция, а само за потенциалната или за скоростта.

Видът на ядрата има отношение към численото пресмятане на интеграла, т. е. те обуславят типа квадратури, които ще бъдат използвани при самото интегриране. Например уравнението от втори род допуска произволна квадратура, тъй като неговото ядро е непрекъснато (най-ефективна е формулата на трапеците). За уравнението от първи род, както със степенна, така и с логаритмична особеност, е изключена употребата на произволна квадратура. Тук е необходимо предварително изследване на интеграла за това, дали той е собствен, от което вече следва използване на специални квадратури. Най-подходящи в случая (и за двата вида особености) са Гаусовите квадратури.

Предпочитането на уравнението от втори род всъщност е привидно. При численото интегриране се следи точката на влияние да е далеч от точката на наблюдение, което не е изпълнено при тънки профили или в острието на профила. Причината е малкото разстояние между двете точки дори в случай, че те се намират на противоположни страни спрямо средната линия. Тогава точката на влияние ще оказва не по-малко смущение върху контролната точка, отколкото произволни други точки, до които е достигнато при процеса на интегриране. Това смущение води до поява на пиково отклонение в графиката на функцията на ядрото. Същото това отклонение настъпва толкова по-късно, колкото повече се увеличава броят на контролните точки. Увеличаването им над 100 обаче води до размиване на главния диагонал на матрицата коефициенти в линейната алгебрична система (справка – алгоритми за числени решения на ГИУ, метод на Мартенсен), който, както се оказва, трябва да преобладава над останалите членове от гледна точка на техния порядък.

Ефективен изход от създалата се ситуация (**претенция за принос на кандидата**) би бил локално прилагане на панелен метод, т. е. за срещуположни контролна точка и панел, интегралът да се вземе аналитично. Веднага обаче възниква въпросът защо да не се приложи панелната техника за целия контур на профила, при използването на уравнение от втори род. Отговорът е, че се губи свойството на ядрото за носа. Радиусът на оскулачната окръжност там съвпада до голяма степен с радиуса на закръгление. Може да се каже дори, че атакуващият ръб на профила почти има формата на окръжност, а това в крайна сметка води до понижаване на точността на резултатите за участъка от профила около носа. Друг изход е прилагането на панели от по-висок ред, но те се правят много трудно, защото формулите са обемисти и се губи много време за тяхното изработване.

Едно друго предимство на уравнението от първи род, записано за токова функция, е, че е възможно тоталното прилагане на панелен метод, което води до по-малка грешка.

Публикации по GIU от 2-ри род и ТНЛ на Прандтл: №№ 23, 27

***Основният принос на кандидата** към т. 1 се свежда до разработката на изчислителен софтуер. Съставянето и тестването с точни решения на описаните програми изисква задълбочени познания по механика на флуидите и практически умения по програмиране.*

## **2. Небесна механика.**

2.1. Определяне на параметрите на орбитата на ИСЗ въз основа на наблюдения.

В случая е предложен статистически подход за филтриране на шум от измервания на положението на ИСЗ. Методът е известен като Обобщен метод на най-малките квадрати или Филтър на Калман. **Претенция за принос на кандидата** е прилагане на линеен филтър на Калман с постоянен период на наблюдение към обработка на измервания на орбитата на ИСЗ.

Публикации по темата: №№ 3, 4, 10

2.2. Определяне на навигационната информация за положението на ИСЗ в зони извън областта на видимост от радиотехнически средства за наблюдение.

По темата бе съставена числена реализация (**претенция за принос на кандидата**) на алгоритъма на Елясберг, Синицин и Кугаенко за разчет на навигационната информация на ИСЗ „Резонанс”. Около апогея спътникът излиза извън зоната на видимост на GPS и ГЛОНАСС. Възможно е също спътникът да бъде засенчен от Земята. По тези причини е необходимо орбитата да се реконструира. За нуждите на числената реализация се отчитат различни

смущения както следва: гравитационни от трето тяло (Луна, Слънце), аномалии на Земното гравитационно поле, светлинно налягане, аеродинамични.

Справка + сорс код: <http://www.space.bas.bg/acsu/orbit.htm>

Публикации по метода на Елясберг, Синицин и Кугаенко: № 13

### 2.3. Определяне на териториалното покритие на ИСЗ.

Определянето на териториалното покритие на ИСЗ е възможно чрез статистически или детерминистични методи. По първия метод се определя средностатистическата вероятност за откриване на неподвижна цел на Земната повърхност от изкуствен спътник на Земята (ИСЗ), движещ се по кръгова орбита, както и статистическата плътност на пребиваване на спътника на различни географски ширини с отчитане въртенето на Земята. По втория метод е използван програмен продукт Satellite Tool Kit, разработка на Analytical Graphics, САЩ. Продуктът позволява разработка на симулация на полета на ИСЗ със смущения, откриването на подвижни и неподвижни цели както на повърхността на Земята, така и във въздуха, време на сеанса, време на изгрев и залез на спътника и др. **Претенция за принос на кандидата** е решаването на задачата за време на пребиваване на спътник Балкансат над територията на България, брой откривания на цел на територията на страната за едно денонощие, начало и край на сеанса и др. параметри.

Публикации по темата: №№ 2, 17, 19, 21

***Основният принос на кандидата** към т. 2 се свежда до разработката на изчислителен софтуер. Съставянето и тестването на описаните програми изисква задълбочени познания по обикновени диференциални уравнения и линейна алгебра, както и практически умения по програмиране.*

### 3. Динамика на полета на летателни апарати.

3.1. Разчет на параметрите на статична устойчивост на безпилотен самолет в надлъжния и страничен канали на управлението.

По договор с фирма „Армстехно“ ООД бе разработен автономен модел на динамиката на полета на безпилотен самолет НИТИ. В модела се определят аеродинамичните коефициенти и техните производни посредством симулация на обтичането в програмен пакет FLUENT. Така получените резултати се използват в линеаризираните уравнения, описващи смутеното движение на самолета, във формули за определяне на диапазона от надлъжни центровки, построяват се полярите на планера. **Претенция за принос на кандидата** е успешното прилагане на математическия апарат към този случай от практиката.

Публикации по темата: №№ 9, 30



3.2. Измерване на параметрите на полета на лек акробатичен самолет по време на изпълнение на параболичен маньовър.

Измерването се провежда с използването на фабрична апаратура от типа „Attitude and Heading Reference System”. Предварително датчикът се монтира в масовия център на превозното средство. Измерват се линейни ускорения, ъглови скорости и ориентация спрямо магнитния север. Трудността се свежда до филтриране на вибрации от двигателя, удар и друго естество. За целта се прилага филтър с крайна импулсна характеристика. **Претенция за принос на кандидата** е прилагането на описания математически апарат към този случай от практиката.

Публикации по темата: № 28

3.3. Определяне на навигационната информация за положението на летателен апарат въз основа на наблюдения – съвместно с д-р Х. Панайотов, ТУ – София, филиал Пловдив.

Алгоритъмът за възстановяване на траекторията на движение на летателен апарат по данни от акселерометър и скоростен жироскоп е известен още като „Strap down Algorithm”. Предимство на метода е автономността на измерване, което означава, че сензорите са пасивни и не поддържат връзка с радиолокационна станция. Алгоритъмът се свежда до числено интегриране на данните от акселерометъра при известни начални условия. За целта е необходимо да се извърши първоначално трансформация на данните от свързана към Земя координатна система. **Претенция за принос на кандидата** е съставяне на отделни процедури на изчислителната програма в среда Wolfram Mathematica под ръководството на д-р Х. Панайотов, който е автор на проекта.

Публикации по темата: № 33

***Основният принос на кандидата** към т. 3 се свежда до разработката на изчислителен софтуер, както и провеждане на експерименти на борда на лек акробатичен самолет.*

#### **4. Механика на флуидни течения в порьозни среди (физика на почвата).**

4.1. Конструирание на прототип на тензиометър с линейна работна характеристика.

Най-използваният и най-евтин уред за измерване на водния потенциал е тензиометричният датчик. Тези уреди са прости и представляват пореста керамична сонда и пластмасова цилиндрична тръбичка, която свързва сондата към записващо устройство. То, от своя страна, затваря плътно горната част на

тракта. Те се намират лесно на пазара, имат ниска цена и се предлагат за използване както за лабораторни цели, така и в бита.

Тензиометричният датчик създава псевдоравновесно състояние в почвено – водната система. Порестата керамична сонда функционира като мембрана, през която преминава вода и за да работи правилно, тя не трябва да остава суха. Следователно, всички пори в керамичната сонда и цилиндричния тракт се запълват отначало с аерирана вода. След като бъде монтиран на място, тензиометричният датчик е под въздействието на отрицателните потенциални сили на водата в почвата, което кара водата да преминава от датчика в околната почвена матрица. Движението на водата от тензиометричния уред създава негативен потенциал или подналягане в цилиндъра на тензиометъра, което се отчита на записващото устройство. Записващото устройство може да бъде приемник за налягане, вакууметър или проста U-образна тръба, запълнена с вода и/или живак. От друга страна, ако почвата получава вода, потенциалът в нея може да нарасне до степен, при която водата се връща обратно в тензиометъра, което намалява негативното показание за потенциала на водата. Обмяната на вода между почвата и тензиометричния уред, както и въздействието върху него на отрицателните потенциали, води до освобождаване на газове от водата в тракта и образуването на въздушни мехури. Образуването на въздушни мехури изменя стойностите на отчетеното статично налягане в тензиометричния цилиндър и изкривява показанията. Следователно, налага се от време на време порьозните сонди да се аерират отново чрез накисване.

Тензиометричните уреди измерват само потенциала в матрицата, защото разтворените вещества могат да се придвижват свободно през порестата сонда. Тензиометричните уреди могат да се произведат с допълнителни елементи като електроди, поставени в керамичната купа или над керамичната камера, което позволява едновременно определяне на електрическата проводимост в тензиометричния уред. Очевидно, възможно е да се наложи известно изчакване, докато уредът се калибрира с почвената среда. Друго ограничение е практическата долна граница на тензиометъра от около  $-80$  kPa. Отвъд стойността  $-100$  kPa водата започва да кипи при нормална температура на околната среда, като образува водно – парови мехури, които унищожават подналягането в тензиометричния тракт. Долната граница на този диапазон не е постоянна величина за всички тензиометри, а зависи от диаметъра на порите на порьозната сонда и от обхвата на преобразувателя на статично налягане. Тензиометърът се намира в работно състояние до тогава, докато порите на сондата са запълнени с вода и през нея на преминава обемен поток газ. Колкото са по-малки порите и еднородни по размери, толкова по-ниски

стойности на налягането на влагата в субстрата може да регистрира тензиометърът без да се нарушава непрекъснатостта на водната връзка в системата субстратна вода – вода в сондата – тракт на тензиометъра – преобразувател на статично налягане.

Стойността на налягането на проникващия въздух е онази стойност на статичното налягане, необходима за запълване с въздух на наситените предварително с вода пори на порьозната сонда. Това е онази стойност на налягането, необходимо за изпразване на сондата от съдържащата се вода. Тя се определя чрез формулата:  $P = 30\sigma/D$ , kPa, от която е възможно да се получи уравнение, даващо размера на порите в керамичния детайл:  $D = 30\sigma/P$ ,  $\mu\text{m}$ . Тук  $D$  е диаметъра на порите,  $P$  е стойността на цитираното налягане [kPa], а  $\sigma$  е повърхностното напрежение [dyne/cm] за двойка несмесваеми флуиди. За порьозен материал трябва да се има в предвид, че ако порьозността не е хомогенна, стойността на налягането  $P$  ще бъде онази, която съответства на най-големия клъстер от пори. Съществено е диаметърът на най-големите пори да бъде много близък до средния, за да бъде произведеният порьозен материал качествен.

Тензиометърът, **разработен от кандидата** в производствената база на ИКИТ – БАН, се състои от порьозен сензор, присъединителен шлаух, нипел, гайка и преобразувател на статично налягане. Обхватът на прибора зависи от порьозността на сензора (2  $\mu\text{m}$ ) и обхвата на преобразувателя ( $\pm 50$  mmHg). Особеност е изборът на конструкция гладко съединение с два O – пръстена, монтирани на мъжката втулка. Тази конструкция не налага ограничения в ъгловото положение на тензиометъра, какъвто би бил случая ако бе използвано резбово съединение. Това позволява преобразувателят да се ориентира така, че да не се допусне оплитане на свързващия кабел. Двата O – пръстена напълно херметизират съединението и придват неговата здравина.

Линейността на прибора следва от работната характеристика на преобразувателя. Последната **се доказва от кандидата**, че е практически линейна след нейното снемане по метода на скачените съдове. Тъй като тензиометърът работи с вода (в случая – дейонизирана), а тя практически е несвиваема, може да се заключи, че работната характеристика на целия прибор също е линейна.

Публикации по темата: № 29

4.2. Конструирание на бордови стенд за измерване на матричен потенциал на субстрат в условията на индуцирана микрогравитация.

Стендът, **конструиран от кандидата**, е предназначен е за вграждане на борда на лек скробатичен самолет и провеждане на полетни изпитания. Той

включва апаратура за събиране на данни, CCD камера, кювета с изпитвания образец субстрат, тензиометри с нипели за монтаж, подсветки. **Особеност на стенда** е неговото окачване в контейнера. Спазва се изискването да се подберат опори, които да демпфират механични трептения. Последните като правило изкривяват показанията на приборите.

Публикации по темата: №№ 29, 31

4.3. Снемане на хидравлична характеристика на субстрат с тензиометър и влагомер (честотна област).

Със закупените по договор ДМУ 02/2, 17.XII.2009 г. фабрични тензиометър и влагомер бе снета водозадържаща характеристика на различни видове и фракции субстрат. За целта бе **конструирано от кандидата приспособление** за инсталиране на приборите в изпитвания образец на еднакъв почвен хоризонт. Специфичните изисквания за херметизация на разглобяемите съединения бяха удовлетворени изцяло.

Публикации по темата: № 29

4.4. Измерване на коефициента на наситена хидравлична проводимост.

Експериментът следва закона на Дарси, откъдето се определя коефициента на филтрация. Експерименталният стенд е **конструиран от кандидата** и включва инфузионна помпа, микроконтролер, контейнер със субстрат, пиезометри, свиваем резервоар, апаратура за събиране на данни. Преди измерването се определят загубите на статично налягане от линейни съпротивления в шлауха. Контейнерът със субстрат е монтиран хоризонтално, така че налягането от височина воден стълб (гравитационен потенциал) да се пренебрегне.

Публикации по темата: № 31

***Основният принос на кандидата** към т. 4 се свежда до конструирането на приспособления и малки машини, както и проектиране на последователността на научните експерименти. За целта са използвани възможностите на различни CAD/CAM/CAE приложения.*

## **5. Проектиране с помощта на 3D CAD/CAM/CAE системи.**

Съществена част от научната работа е проектирането с помощта на специализиран софтуер. Кандидатът има значителен опит в следните области:

- Машиностроене: Autodesk AutoCAD, Autodesk Inventor, Ansys, Fluent
- Електроника: Proteus, MikroC for PIC and AVR, MPlab
- Небесна механика: Satellite Tool Kit, Celestia

- Летателна експлоатация на БЛА: тренажор C-STAR на SimLat
- Математика: Wolfram Mathematica, Matlab
- ANSI C, Fortran, Processing

Като доказателство на следните линкове е публикувано портфолио:

<https://grabcad.com/konstantin.metodiev-1/projects>

<https://libstock.mikroe.com/users/view/38924>

<http://www.space.bas.bg/acsu/cfd.htm>

<http://www.space.bas.bg/acsu/orbit.htm>

[https://www.youtube.com/channel/UCu8L0Y-fwQTRArn4g6YG5KQ/videos?shelf\\_id=0&sort=dd&view=0](https://www.youtube.com/channel/UCu8L0Y-fwQTRArn4g6YG5KQ/videos?shelf_id=0&sort=dd&view=0)

Публикации по темата: изследванията във всички публикации на кандидата са проведени с помощта на поне един от споменатите софтуерни продукти.

В заключение кандидатът не претендира за строго научни и оригинални приноси в своята работа, а за усвояване на съвременни методи за решаване на задачи и провеждане на научни експерименти, прилагани в чужбина, но не и в нашата страна.

София,  
20.III.2017 г.

Подпис:

/гл. ас. д-р К. Методиев/