

РЕЦЕНЗИЯ

Относно защита на дисертационен труд „CFD моделиране на мембранно разделяне чрез нанофилтруване“

за придобиване на научна степен „Доктор“

Професионално направление: 4.2. Химически науки

по специалност „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“

Автор на дисертационния труд: **Инж. Стела Пламенова Паньовска**
Институт по инженерна химия при БАН

Рецензент: **проф. д-р инж. Илия Кръстев Илиев**
Русенски университет „Ангел Кънчев“

1. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси и научна дейност на дисертанта

Инж. Стела Пламенова Паньовска завършва висше образование в Химико-технологичен и металургичен университет – София, CAD/CAE в химичните технологии – магистър, 16.02.2017. В периода 1.03.2017 -23.02.2020 работи като химик в Института по Инженерна Химия На БАН. На 24.02.2020 г. получава научното звание „асистент“ в ИИИХ на Бан, където работи до настоящия момент. Научноизследователската и научно-приложната дейност на инж. Стела Пламенова Паньовска са в областта на инженерната химия; експерименталното и теоретично изследване на екстракционни, дестилационни, абсорбционни, адсорбционни процеси при реактори, като в процеса на работа придобива умения в областта на CFD, 3D проектиране и симулиране, реакторите с разбъркване и аериране, ерлифт реактори, тарелкова звънчева колона и хидродинамиката. Инж. Паньовска е член на Съюза на химиците в България, член на Европейската асоциация за химически и молекулни науки, член на Федерацията на научно-техническите съюзи; Тя е носител на награда за най-млади учени „Иван Евстратиев Гешов“, в научно направление „Енергийни ресурси и енергийна ефективност“, конкурс за 2021г.

2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.

Актуалността и значимостта на темата на дисертационния труд се определя от важността на модерната технология нанофилтруване, което всъщност е мембранен процес, запълващ празнината между обратната осмоза и ултрафилтруването, по отношение на големината на задържаните частици, селективността и работното налягане. Технологиията за нанофилтруване все още се развива, намира все повече нови приложения, например в производството на питейна вода, пречистването на отпадъчни води, хранително-вкусовата промишленост, химическата и фармацевтичната промишленост, както и в много други индустрии. Въпреки всички обещаващи перспективи на нанофилтруването, все още има някои нерешени проблеми, които забавят широкомащабните му приложения. В тази дисертационна работа намирам решаването на актуален проблем, чрез използването на изчислителната динамика на флуидите е осигурено цялостно изследване на процеса на мембранно филтруване. Значимостта на разработения дисертационен труд се определя от поставените цели, а именно прилагане на математично моделиране на хидродинамиката и масопредаването при нанофилтруване с цел определяне на оптимални условия на процеса в няколко важни конфигурации: *Dead-End филтрационна клетка с бъркачка и плоска дънна мембрана*; *Cross-Flow филтрационна клетка* - кръгла с тангенциално подаване на флуида; *Cross-Flow правоъгълна филтрационна клетка*. Целият този инструмент на изчислителната динамика на флуидите в съчетание с използването на потенциала на CFD моделирането позиционира разработения дисертационен труд безспорно като актуален и значим.

3. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Дисертационният труд е представен в 7 глави и съдържа 151 страници, от които 19 страници с литературни източници и публикации на автора. 62 фигури и 2 таблици.

Дисертационният труд е написан в съответствие с критериите за оформяне на подобни трудове.

Литературният обзор е направен в **Глава 1** на дисертационния труд и съдържа анализ на 169 литературни източника. Не са представени източници на кирилица, всички цитирани източници са на латиница.

В обем от 32 страници авторът прави обзор в **Глава 1** на съществуващите видове мембрани за нанофилтруване, видовете полимери, използвани за повърхностен материал на различни нанофилтрационни мембрани и тяхното приложение в сектори като: пречистване на отпадъчни води, управление на твърди отпадъци, химическа и нефтохимическа промишленост. Авторът разглежда подробно видовете полимерни мембрани и областта на тяхното приложение с особен фокус върху нанофилтрационни мембрани на базата на въглеродни наноматериали. Анализирани са интегрирани биореактори с мембранно разделяне поради неговата способност да отделя продукти с достатъчна разлика в молекулната маса от сложни системи с различни концентрации и състав. Изследователският интерес в областта включва иновативни дизайни на мембранни биореактори, по-малко потребление на енергия, ефективен контрол на запущването на мембраните и икономически оценки. Не на последно място в литературния обзор е обоснован метода на изследване на мембранно разделяне и разширеното в биореакторите с потопена мембрана и разбъркване, където са необходими познания по основните CFD модели, включващи балансови уравнения за маса и импулс, разширени с модел на турбулентност, а процесите на разделяне и запущването на мембраната се отчитат чрез включване на допълнителни модели.

Авторът прави критичен анализ на моделите за описание на спада на пермеатния поток вследствие увеличаване на съпротивлението на мембраната и главата завършва с ясно формулирани 5 извода. От анализа се вижда, че авторът много добре познава проблемите в сферата на изследвания, които той развива в дисертационния си труд.

Глава 2 на дисертацията е посветена на целите и задачи на дисертационния труд. Според мен, авторът правилно е формулирал основната цел, а именно „*Математично моделиране на хидродинамиката и масопредаването при нанофилтруване с цел определяне на оптимални условия на процеса*“. За постигане на основната цел, авторът е формулирал 6 основни задачи на дисертационната работа, като е изхождал от направения литературен обзор.

За решаването на поставените задачи авторът е използвал богат инструментариум от методи и подходи, които включват: изчислителната динамика на флуидите, която се използва ефективно за моделиране на процесите на мембранно разделяне и подпомага проектирането и оптимизирането на мембранни биореактори и мембранни модули. Приложението на CFD за описание на масо-преноса през мембраната е свързано с различни подходи за включване на мембраната в модела. Поставените задачи са решени чрез числен експеримент с помощта на софтуерния пакет Ansys Fluent R13.0. Продуктът представлява съчетание от инструменти с графичен интерфейс, осигуряващи задаване и решаване на задачи, свързани с хидродинамиката на реални флуиди. Централният модул (Solver) на Fluent решава уравненията на Навие–Стокс (Navier-Stokes) по зададени гранични условия и генерира информация за хидродинамичното поле, като задава стойности на широк диапазон хидродинамични променливи за всяка точка от анализирания обем. С негова помощ са проведени числените симулации, свързани със задачите, поставени в дисертацията. Моята оценка относно използваните методики е, че авторът е избрал правилен подход за постигане на поставените цели и задачи.

Глава 3 е посветена на модела за изследване на нанофилтруване чрез изчислителна динамика на флуидите, като авторът подробно представя резултати от изследванията си относно: разпределение на скорост, напрежение на срязване, коефициент на масопредаване при DE филтруване; резултатите от изчисленията за минималния, максималния и осреднения коефициент на масопредаване към повърхността на мембраната.

В глава 4 авторът е анализирал специфичната геометрия на клетката и бъркачката, CFD

симулациите позволяват визуализиране на полето на скорости и сръзващи напрежения близо до повърхността на мембраната. Те показват неравномерно разпределение на напрежението на сръзване върху повърхността на мембраната, като стойностите варират в рамките на един порядък на величината. Извършените CFD симулации на нанофилтрационната клетка с дънна мембрана и разбъркване показват неравномерно разпределение на сръзващите напрежения по повърхността на мембраната, поради неблагоприятно съотношение на диаметрите на бъркачката и клетката ($=0.41$). Доказано е, че по-дебелите гранични слоеве и високи коефициенти на задържане благоприятстват концентрационната поляризация. Това е важно за масообменното съпротивление в прилежащия към мембраната граничен слой. Дебелината на този граничен слой, определена от скоростните профили в различни точки по повърхността на мембраната, е между 60 и 430 nm и средна стойност от 250 nm за мембраната като цяло. Тези резултати също така подкрепят необходимостта от по-горе споменатия математичен модел, отчитащ концентрационната поляризация, тъй като тя се проявява по-силно при наличие на по-дебел граничен слой и високи коефициенти на задържане при мембраната. В тази глава са представени и основните изводи от дисертационния труд.

В глава 5 са показани основните приноси на автора в дисертационния труд като авторът претендира за 5 приноси в три направления без да е посочил категорията на приноса (научен, научно-приложен или приложен).

В глава 6 са представени 169 литературни източника, анализирани в дисертацията.

В глава 7 авторът е представил списък от 4 научни публикации в списания и 8 публикации от доклади и постери на конференции, отнасящи се към темата на дисертацията.

4. Основни научни и научно-приложни приноси.

Приемам справката на дисертанта за основните приноси инж. Стела Пламенова Паньовска, която не е представила оценка на своите приноси в представените трудове, които са с научен, научно-приложен и приложен характер. По-долу съм подредил приносите в съответствие с моята оценка и признаване.

4.1. Научни приноси

1. Проведената CFD симулация разкрива разпределението на концентрацията в захранващия канал. Тя допълва предишни данни за модела на потока с нови знания за преноса на маса, насочени към разбиране и контрол на феномена на концентрационната поляризация. Получените резултати са анализирани в съответствие с наличните експериментални данни.
2. Допълнени са знанията за хидродинамиката и масопредаването във филтрационна клетка с нормален поток и механично разбъркване, като чрез CFD симулации са изяснени локалните скоростни профили, дебелините на граничния слой и разпределението на локалните коефициенти на масопредаване, което позволява по-добро разбиране на механизмите, определящи концентрационната поляризация. Изводите от тях намират косвена подкрепа в експерименталните наблюдения в литературата вкл. собствени изследвания с нанофилтруване на природни екстракти.

4.2. Научно-приложни приноси

3. Допълнени са знанията относно мембранното разделяне/концентриране чрез нанофилтруване в тангенциален режим за концентриране на биологично активни съединения в екстракти от лечебни растения с органични разтворители. Анализирано е влиянието на два фактора – концентрация на разтвореното вещество и скорост на тангенциалния поток, които имат тясна връзка с концентрационната поляризация при нанофилтруване в тангенциален режим.
4. Експерименталният подход се допълва от числени техники за оценка на ролята на модела на кръстосан поток в клетката. Разпределението на скоростта и напрежението на сръзване върху повърхността на мембраната е получено чрез CFD симулации. Изчисленията позволяват определяне на диапазон от скорости и напрежения, представляващи компромис между

минимално запушване на мембраната от една страна и минимално стресиране/повреждане на клетъчната маса в обема на мембранен биореактор с бъркачка.

4.3. Приложни приноси

5. Разработеният метод за оценка на ефективността на пренос при интегрирани процеси в биореактор с мембранно разделяне е базиран на използването на потенциала на CFD симулирането и на връзката между хидродинамичната картина в реактора и условията за масопредаване през мембраната. Той има широк потенциал за сравнителен анализ на различни конструктивни решения.

6. Описание и оценка на представените материали

Авторът на дисертационния труд инж. Стела Пламенова Паньовска е представила всички необходими документи, съгласно Правилника за условията и реда на придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и Правилник за прилагане на Закона за развитието на академичния състав в Република България.

Покриването на минималните национални изисквания към кандидатите за НС „ДОКТОР“ по групи показатели е както следва:

Показател А: Дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „доктор“ (50 точки)

Показатели Г: Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (Web of Science и Scopus), извън хабилитационния труд (мин. 30 точки)

Представени са 4 труда, както следва: (Г1, Г2, Г3, Г4,) (55 точки);

Показатели Д: Цитирания или рецензии в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация или в монографии и колективни томове (*Web of Science и Scopus*); не се изискват за ОНС „Доктор“, но независимо от това дисертантът инж. Стела Паньовска е представила списък с цитирания.

Представени са 33 цитирания на 2 труда. В доказателствената част са посочени библиографски данни за цитиращата публикация, препратка към съответната база данни и откъси от цитиращата публикация със съответното рефериране.

При съпоставяне на представените материали с минималните изисквания (Табл. 1) за заемане на ОНС „Доктор“ по професионални направления съгласно ППЗРАСРБ и ПУРЗАД на БАН следва, че са изпълнени и съществено преизпълнени минималните изисквания за заемане на ОНС „Доктор“.

Таблица 1. Група показатели Минимален брой точки 4.2. Химически науки. Брой точки на кандидата

Група показатели	Минимален брой точки	Брой точки на кандидата
А	50	50
Г	30	55
Общо	80	105

Кандидатът е представил доказателствен материал, че покрива и допълнителните критерии на Института по инженерна химия към БАН, което е илюстрирано добре в Таблица 2.

Според критериите на БАН дисертацията на кандидата трябва да е базирана на поне две публикации, едната от които да е в списание с импакт фактор или импакт ранг. В нашият случай кандидатът е представил общо 4 публикации в списания от които една с Q1 и две публикации Q3, което значително надхвърля приетите критерии от „Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в БАН“ Приложение №: Професионално направление 4.2 Химически науки, Таблица 2, Група от показатели Г, Показател 7.

7. Отражение на научните публикации на кандидата в българската и чуждестранната литература.

Данни за цитиранията на научните трудове на кандидата и представителност на изданията
Съгласно приложената авторска справка от представените трудове по дисертацията са цитирани в публикации, реферирани във WoS (общо **35 цитата**); Значителен брой от научните публикации имат впечатляващ брой цитирания в престижни международни издания, като например: Публикация (Separation of glucose, other reducing sugars and phenolics from natural extract by nanofiltration: Effect of pressure and cross-flow velocity, in J. Chemical Engineering Research and Design) е цитирана **24 пъти**; (CFD simulation of cross-flow filtration in J. Chemical Engineering Transactions) - **11 пъти**.

Авторът на дисертационния труд инж. С. Паньовска притежава **h индекс 2** (с общ брой цитирания в Scopus **24**) (<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203368391>), което показва много високо отражение на неговите научни публикации най-вече в чуждестранната литература.

8. Критични бележки и препоръки към дисертационния труд.

Дисертационният труд по обем, актуалност и представяне на резултатите в световната научна литература изцяло покрива критериите за подобен труд. Прави впечатление, че основните научни резултати са публикувани в най-реномирани световни издания и трудно биха могли да бъдат намерени сериозни пропуски поради факта, че тези публикации минават през няколко нива на рецензиране и то от световно известни специалисти в областта. Все пак моите забележки се отнасят до конструкцията на съдържанието на дисертационния труд. Авторът е обособил целите и задачите до конструкцията на отделна глава (гл.2). Според мен мястото им е в глава 1, т.к. е логично целите и задачите да се представят като следствие от направения критичен литературен обзор. По аналогичен начин последните глави (6, 7 и 8) могат да се представят като приложения към дисертационния труд, а не като отделни глави.

9. Лични впечатления на рецензента за дисертанта

Не познавам лично автора на дисертационния труд инж. Стела Паньовска. Имам поглед върху научна дейност на нейният научен ръководител проф. Даниела Джонова в качеството си на рецензент по конкурса за заемане на академична длъжност „Професор“. Въпреки, че в представените документи не открих справка за владее на езици, предполагам, че инж. Стела Паньовска владее на високо ниво английски език, което и дава възможност да следи научния обмен, да работи по важни международни проекти, да участва в международни научни мероприятия и да създава съвременна експериментална научно-изследователска база.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените материали отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, на Правилника за приложението му и вътрешния Правилник за условията и реда за заемане на научни степени в ИИХ-БАН. Въз основа на запознаването с представената дисертация, научните трудове, тяхната значимост, съдържащите се в тях приноси, намирам за основателно да предложа **инж. Стела Пламенова Паньовска**, да и бъде присвоена научната степен „Доктор“ в професионалното направление 4.2. Химически науки по специалността „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“.

Дата: 15.01.2026

Рецензент:

