

## СТАНОВИЩЕ

относно защита на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“, професионално направление - 4.2. Химически науки, научна специалност „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“

с кандидат: **Стела Пламенова Паньовска, асистент**

Изготвил становището: **Стела Иванова Минковска, доцент, д-р, Институт по катализ – БАН**

**Тема на дисертационния труд:** CFD Моделиране на мембранно разделяне чрез нанофилтруване

**Научни консултанти:** проф. д-р Даниела Джонова – Атанасова и проф. д-р Ирен Цибранска

### 1. Кратки биографични данни за докторанта.

Инж. Стела Паньовска завършва висшето си образование през 2017 г. в Химикотехнологичен и металургичен университет – София с образователна степен „Магистър“, специалност CAD/CAE в химичните технологии. През 2017 г. е назначена като химик в ИИХ-БАН, където през 2020 г. е избрана за асистент. Личните умения на докторантката включват работа със съвременни компютърни програми и много добро владение на английски език.

### 2. Актуалност на тематиката.

Дисертационният труд на инж. Стела Паньовска е насочен към един от актуалните проблеми свързани с приложението на мембранните технологии в съвременното пречистване на води, биотехнологиите и химичната промишленост, а именно използването на изчислителната динамика на флуидите (CFD) при процесите на нанофилтруване и мембранно разделяне. Актуалността на изследването е обоснована от известните проблеми свързани със запушването на мембраните (fouling), което значително намалява ефективността и икономическата изгодност на системите. В хода на изследванията се демонстрира, че CFD моделирането позволява детайлен анализ на хидродинамичните и масообменните процеси в близост до мембранната повърхност, като се отчита влиянието на различни режими на филтруване, геометрия на мембраните, реологични свойства на флуидите и методи за хидродинамично въздействие върху напреженията на срязване и концентрационната поляризация. Представените подходи и анализи са научно обосновани и имат потенциал за практическо приложение при оптимизацията на мембранни системи, което подчертава както теоретичната, така и практическата значимост на изследването.

### 3. Познание на проблема.

От направения литературен обзор се вижда, че докторантката добре познава проблема свързан с приложението на мембранните технологии и нанофилтруването. Направеният анализ показва, че интегрирането на реакционни процеси с мембранно разделяне осигурява ефективно отстраняване на продукти, преодолява инхибиторни ефекти и спестява енергия и пространство, като същевременно запазва биологичната активност на термочувствителните съединения. Нанофилтруването се откроява като високоефективно и икономично решение за пречистване на вода и обработка на отпадъчни води, а нарастването на публикациите в областта през последните години подчертава актуалността на тази технология. Приложението на CFD за оптимизация на

мембранни реактори и модули демонстрира възможности за детайлен анализ на хидродинамиката, масопредаването и контрола на запусването на мембраните, което допълнително потвърждава задълбоченото вникване на докторантката в съществуващите предизвикателства на това изследване. Оформянето на литературния обзор показва уменията и да борави с научна литература и да прави критична преценка на съществуващите данни.

#### **4. Характеристика и оценка на дисертационния труд.**

Дисертационният труд е написан на 148 страници и съдържа 62 фигури и 2 таблици. Структуриран е в седем части. Цитирани са 169 литературни източника (поне 50 от тях са публикувани след 2020 г.). Дисертационният труд представлява задълбочено комплексно изследване свързано с разработването и анализа на мембранно интегрирани биореактори, които намират все по-широко приложение в съвременните промишлени технологии. Изследването е насочено към проблеми с ясно изразен интердисциплинарен характер и отговаря на съвременните тенденции в областта на мембранните процеси и биотехнологиите. Научната значимост на получените резултати се определя от прилагането на методите на изчислителната динамика на флуидите (CFD) за моделиране на хидродинамични и масообменни процеси в мембранни системи. Числените изследвания са реализирани чрез програмния пакет ANSYS FLUENT, базиран на метода на крайния обем за решаване на уравненията на Навие–Стокс, което осигурява висока степен на надеждност и достоверност на получените резултати. Представените модели и анализи са изградени на основата на предишен експериментален и приложен опит при концентриране на антиоксиданти (полифеноли и флавоноиди) от екстракти от природни продукти чрез нанофилтруване. Практическата значимост на дисертационния труд се изразява във възможността получените резултати да бъдат използвани за оптимизация на конструкцията и експлоатационните параметри на мембранно интегрирани биореактори, за ограничаване на мембранното замърсяване и за повишаване на ефективността и селективността на процесите. Резултатите имат потенциал за приложение в хранително-вкусовата, фармацевтичната и биотехнологичната промишленост.

#### **5. Основни научни и научно-приложни приноси.**

Дисертационният труд на инж. Стела Паньовска представлява съществен принос в областта на мембранно интегрираните биореактори и тяхното приложение за концентриране на биологично активни съединения чрез нанофилтруване. Чрез моделиране на изчислителната динамика на флуидите (CFD) с помощта на ANSYS FLUENT са оценени хидродинамичните условия и разпределението на напреженията на срязване, което позволява определяне на оптимален диапазон от скорости и напрежения, осигуряващ минимално запусване на мембраната и безопасни условия за клетъчната маса. Проведените CFD симулации дават нови знания за масопреноса и концентрационната поляризация в различни режими на филтруване, включително при нормален поток и механично разбъркване, като получените резултати са подкрепени с експериментални данни. Разработеният метод за оценка на ефективността на преноса в интегрирани биореакторни системи позволява сравнителен анализ на различни конструктивни решения и демонстрира практическа приложимост при оптимизацията на мембранните процеси. Дисертационният труд доказва научната значимост на приложението на CFD за подобряване на мембранното разделяне и концентриране на биоактивни вещества и показва задълбоченото познаване от докторантката на изследваната проблематика.

## 6. Преценка на публикациите и личния принос на докторанта.

Резултатите от изследванията са представени в четири научни съобщения, публикувани през 2017-2020 г., като две попадат в категорията Q3 (Chemical engineering transactions и University of Chemical Technology and Metallurgy), една в Q1 (Chemical engineering research and design) и една в Scientific Works of University of Food Technologies. Върху публикациите са забелязани 30 цитата, което е показател за видимостта на резултатите от дисертационния труд. По темата на дисертацията са представени 8 доклада на национални и международни научни мероприятия (не са представени резюмета на последните). Като оценявам факта, че в три от публикациите докторантката е в съавторство само с двамата си научни консултанта, мога да приема, че дисертацията е нейно дело под тяхното компетентно ръководство. Докторантката е носител на наградата на БАН за млади учени „Иван Евстратиев Гешов“ в научно направление „Енергийни ресурси и енергийна ефективност“ (конкурс 2021 г.), което показва нейния висок научен потенциал за развитие.

## 7. Автореферат

Авторефератът (написан на 69 стр. и съдържащ 1 таблица и 37 фигури) отразява пълно и точно основните резултати представени в дисертационния труд.

## 8. Критични забележки и препоръки

Дисертационният труд е написан на добър научен език, техническите грешки са минимални, а представените фигури са оформени прецизно. Принципи възражения към материала не се налагат. В същото време би представлявало интерес докторантката да коментира поведението на процеса в преходния режим на потока ( $Re = 1000-2000$ ), който не е разгледан в дисертацията. Тъй като желанието е мембраната да бъде пропусклива, концентрационната поляризация представлява пречка за ефективния пренос. Въпреки че намаляването на поляризацията чрез увеличаване на скоростта на потока е добре аргументирано, би било полезно докторантката да обсъди възможните хидродинамични и масообменни особености в преходния диапазон и как те биха могли да повлияят на пропускливостта на мембраната.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд на **инж. Стела Пламенова Паньовска** съдържа научно обосновани, оригинални и практически значими резултати, които представляват принос към развитието на мембранните технологии и могат да послужат като основа за бъдещи изследвания и промишлени приложения.

Проведените изследвания обогатяват научното познание и дават възможност те да се разширят и задълбочат с оглед на индустриалното им приложение. Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за неговото приложение и действащия Правилник за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности на Института по инженерна химия, което ми дава основание да го оценя **ПОЛОЖИТЕЛНО**.

Позволявам си да предложа на почитаемото Научно жури също да гласува положително и да присъди на **инж. Стела Пламенова Паньовска** образователната и научна степен “доктор” в професионално направление - 4.2. Химически науки по научната специалност „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“.

София, 19.01.2026 г.

Изготвил становището: .....

/доц. д-р Стела Минковска/