

ЕФ83-НС1-065/15.05.2026г.

## РЕЦЕНЗИЯ

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

**Автор на дисертационния труд:**

маг. инж. **Момчил Димитров Шопов.**

**Тема на дисертационния труд:**

„Технологични процеси и апарати за електроовлакняване“.

**Научни ръководители:**

проф. д-р инж. **Диляна Господинова** и

доц. д-р инж. **Костадин Миланов.**

**Рецензент:** Проф. д-р инж. **Петър Дончев Динев**, Технически университет – София, Електротехнически факултет, катедра „Електрически апарати“.

**1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията**

Технологичният процес на електроовлакняване (англ. *electrospinning*) се утвърждава като единствената гъвкава и ефективна съвременна технология за лабораторно, пилотно и индустриално производство на полимерни нановлакна с управлявани размер и морфология, и на нетъкани влакнести структури - матове, скафолди, скелета, подложки, на тяхна основа.

**Високата степен и защитените високи нива актуалност** на проблема и задачите, разработени в дисертацията, се свързват конкретно с: (i) Устойчивия интерес на научната общност към развитието на технологията чрез прехвърляне на фокуса от фундаментални към приложни научни изследвания – индустриални научни изследвания и експериментално развитие, мащабиране и разширяване на приложенията; (ii) Все по-ясното позициониране на електроовлакняването като технология с вече доказан индустриален потенциал; (iii) Наличието на компании, които предлагат лабораторни, пилотни и индустриални платформи за електроовлакняване и свързани процеси, при непрекъснато разширяване на приложимостта на процеса; (iv) Нарастващия пазарен интерес и приложимостта на електроовлакнените продукти, които определят необходимостта от управление на качеството и повторваемост на характеристиките при условията на нарастваща мащабируемост; (v) Съществуващите възможности за интегриране на нови технологически и технически решения; (vi) Необходимостта от инженерно-ориентирани изследвания, насочени към анализ, моделиране и оптимизация на технологичния процес, с цел повишаване на управляемостта на технологичния процес, в зависимост от насочеността му към определено проложение;

(vii) Разработването на приложими подходи и инструменти, които да осигурят търсената възпроизводимост и да улеснят внедряването на технологията при наличието на голямо множество от практически приложения.

**Основната цел** на настоящия дисертационен труд е разработването и прилагането на интегриран научноприложен подход за анализ, управление и оптимизация на технологичния процес на електроовлажняване при високо постоянно напрежение, като се изучава неговото насочено усложняване, за получаването на полимерни нетъкани нановлакнести структури с контролирана морфология и функционални характеристики чрез: (i) Въвеждане на порест влакнест (текстилен) колектор върху повърхността на заземения протиелектрод; (ii) Управление на разпределението на електрическото поле върху повърхността на текстилния колектор чрез изменение на размерите и геометрията на заземения протиелектрод; (iii) Предварително директно повърхностно плазмено-химично активиране (функционализиране) на порестия влакнест колектор; (iv) Изменение на характеристиките на полимерния многокомпонентен разтвор за електроовлажняване, като се използва система от разтворители и добавки.

Въз основа на така формулирана цел са определени **задачите и средствата за нейното постигане**, като те се разпределят в следните основни направления: (1) Да се разработи и експериментално да се апробира методологична рамка за изследване на технологичния процес електроовлажняване, основана върху интегриран подход, който включва планиране на експеримента, статистически анализ, математическо моделиране и оптимизация на технологичните параметри. (2) Да се разработи и експериментално да се докаже приложимостта на порести влакнести колектори при електроовлажняване, като се провери възможността за директно формиране на функционални влакнести слоеве в резултат от една технологична операция. (3) Да се разработи и експериментално да се провери възможността за интегриране към процеса електроовлажняване на т.нар. директно плазмено химично повърхностно активиране (функционализиране) на повърхността на използваните порести влакнести колектори при атмосферно налягане.

**За преодоляване на ограниченията**, свързани с насоченото управление на процеса на електроовлажняване, се използват: системния анализ на влиянието на основните технологични параметри; методите на планиране на експериментите и статистическо обработване на данните; както и нови разработени математически модели и софтуерни инструменти за подпомагане на инженерните научни изследвания.

**Практическата приложимост** и актуалността на резултатите от осъществения изследователски подход са осигурени чрез провеждането на експериментални изследвания в условията на възприетата базова (стандартна) схема на електроовлажняване – „една игла–една струя–един полимер“.

**Дисертационният труд** е в обем от **157** страници, с приложенията **183** страници, като включва увод, четири глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използваната литература. Цитирани са общо **188** броя литературни източници, като **2** броя (от тях) са на кирилица, а останалите са на латиница. Интернет-адреси са **5** броя от източниците. Работата включва **55** фигури и **24** таблици.

Авторът на дисертационния труд е формулирал цели и задачи, които са адекватни на високата степен на актуалност на проблема и съответстват на действителните нормативни изисквания към дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“.

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

Оценявам **положително** степента на познаване на съвременното състояние на разглеждания проблем и творческата интерпретация на информацията от достъпните библиографски източници, демонстрирани от маг.-инж. **Момчил Шопов**. Ясно и обосновано са дефинирани целта и задачите пред дисертационния труд.

Значителна част от използваните библиографски източници по темата, използвани и анализирани в дисертационния труд са от последните 5 години – **59 %**, от последните 10 години – **83 %**, и отпреди 2016 година - **17 %**.

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

Избраната методика на изследване, както и поставените цел и задачи на дисертационния труд, **съответстват на** произведените научни резултати и на формулираните научни и научноприложни приноси на дисертационния труд.

Отличното **познаване на актуалното състояние** на поставените за изследване проблеми, както и **задълбочените познания** върху планирането на експеримента, статистическия анализ, математическото моделиране и оптимизацията на технологичните параметри, позволяват на докторанта да разработи оригинален интегриран подход към поставените задачи, да подбере и приложи ефективни методи на научно изследване, както и да апробира създадената методологична рамка на изследване.

Внимателният прочит на дисертационния труд убеждава, че избраната от докторанта методика на изследване е **в пълно съответствие** с поставената цел и определените от нея задачи на дисертационния труд, което е позволило да бъдат постигнати и решени на високо научно приложно ниво. Постигнатите научни и научно приложни приноси съответстват напълно на формулираните цел и задачи на дисертационния труд.

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

Приносите на дисертационния труд се градят върху няколко правилно взети решения, осигуряващи не само достоверността, но стойността, приложимостта и актуалността на получените научни и научноприложно резултати:

**4.1. Оценявам положително** взетите обосновано, за целите на изследването, решения, които се отнасят до **обекта на електроовлакняване**, т. е. до избора на полимер и състав на полимерния разтвор за електроовлакняване:

**(4.1.1) Избора на подходящ полимер** като характерен обект на изследване и съответстващия му разтворител – предприетото експериментално изследване се основава върху електроовлакняването на воден разтвор на поливинил алкохол (PVA), който представлява синтетичен, водоразтворим полимер с широк спектър на индустриални и медицински приложения;

**(4.1.2) Електроовлакняването се провежда с и без участието на определен омрежващ агент**, при което произведената нетъкана влакнеста структура се

доомрежва термично с избрания омрежващ агент като последващо обработване, за да се получи характерна омрежена влакнеста структура (скеле, скафолд), която вече трудно се разтваря във вода;

(4.1.3) **Избор на функционална добавка** (пластификатор) към разтвора за електроовлажняване – това е биопродуктът алое вера (прах, сок, гел), който съдържа въглехидратни полимери, витамини и аминокиселини, насочен към създаването на екологосъобразни, биоразградими и функционални електроовлажнени материали с антимикробно действие, подобрена морфологията на нановлакната, намалено количеството на дефектите (топчета); стабилизирани технологично и технически процес на електроовлажняване; наноматериали, които могат да приемат ролята на полимерна матрица, например при създаването на носители на лекарствени средства, защитни облекла, и т. н.

**Оценявам положително** направения **избор на текстилни материали**, използвани за изработването на текстилния (порестия влакнест) плосък колектор, които представително се използват в хода на предприетото експериментално изследване:

(4.1.4) Памучен (100 % CO) тъкан текстилен материал - плат тип „Деним“, представляващ твърда кепър тъкан, с площна маса 380 g/m<sup>2</sup> и дебелина 0,36 mm, боядисан с тъмносиньо кюпно багило индиго;

(4.1.5) Стандартен пустинен камуфлажен плат (тип „Военен“) от 65 % полиестер/35 % памук (PES/CO), с площна маса 200 g/m<sup>2</sup> и дебелина 0,36 mm.

Нещо повече, двете (лицева и опака) страни на избраните текстилни материали имат различни повърхностни характеристики, тъй като лицевата страна е насочено функционализирана (хидрофобизирана) за целите на приложението, което позволява изследването на четири представителни реализации на текстилния колектор.

**Оценявам положително** това, че цялото изследване е проведено в условията на **възприетата базова (стандартна) схема** на електроовлажняване – „една игла–една струя–един полимер“.

(4.1.6) **Доставящата система** се състои от „медицинска спринцовка“ и „инфузионна помпа“, която осигурява достатъчно широк обхват на изменение и постоянна стойност на обемния дебит на използваните разтвори за електроовлажняване.

(4.1.7) Доставящата система включва още **стандартна затъпена куха игла от медицинска стомана**, с определен размер, която играе ролята на високоволтов електрод и електроовлажнител, формираща характерна електрически заредена микроструя за електроовлажняване, като я насочва през въздушното пространство към колектора.

(4.1.8) **Колекторната система** има плоска форма, а заземяният метален противоелектрод има специфична геометрия, която влияе пряко върху насочването на отлагащите се нановлакна и формирането на нетъканата влакнеста структура върху повърхността на порестия колектор.

(4.1.9) **Сравнителните изследвания** се провеждат спрямо плосък метален заземен колектор, който изпълнява едновременно ролята на противоелектрод.

Дисертационният труд е осъществен в четири глави:

**В първа глава**, чрез анализ на достъпните библиографски източници се доказва, че: (i) Електроовлажняването е сложен, динамичен и многофакторен процес на изследване, силно чувствителен към свойствата на полимерния разтвор, към структурата и електрическите и геометричните параметри на апаратната реализация, както и към условията експлоатация; (ii) Произведеният влакнест нетъкан продукт намира широко приложение в различни области, като филтриране на разтвори, медицина и фармация, електротехника, технически средства и технологии за опазване на околната среда и т.н., като приложението поставя съществени изисквания към него; (iii) Необходимостта от разработване на систематичен (методологичен) подход за анализ и управление на процеса на електроовлажняване, който да обединява експерименталните изследвания, математическото моделиране и оптимизацията на процеса, се определя преди всичко от отсъствието на единен интегриран подход, независимо от значителния обем научни изследвания и публикации. Съществуващите модели са преди всичко феноменологични по своя характер.

**Във втора глава** е разработена и обоснована методологичната рамка за предстоящите изследвания на електроовлажняването, която съчетава планирането на експеримента, статистическия анализ, математическото моделиране и оптимизацията на процеса. Изграден е системен и информационен подход, който трябва да осигури не само логическа последователност и свързаност между отделните етапи на изследването, но създава предпоставки за надеждната му експериментална проверка и практическата приложимост на получените научни и инженерни резултати.

**В трета глава** са разработени и анализирани модели, включително избора на фактори и параметри на процеса; методи и инженерни решения за обработване на данни от експеримента; моделирането, оптимизацията и управлението на процеса на електроовлажняване. Представените резултати формират аналитичната и софтуерната основа за практическото им приложение и потвърждение на възприетите подходи на изследване. Разработен е софтуерен инструмент (Electrospinning Designer 1.0) за оптимизация на процеса на електроовлажняване, реализиран на програмния език Python, който интегрира експерименталните данни, математическите модели и оптимизационните алгоритми за подпомагане на инженерния избор на технологични фактори и параметри. Получените резултати установяват връзка между експериментални наблюдения и управляемите технологични параметри и са реална основа за последваща експериментална проверка.

**В четвърта глава** е реализирана експериментална проверка на избрания подход към процеса на електроовлажняване чрез насочено планирани серии от експерименти, които позволяват да бъде оценено влиянието на основни технологични фактори върху количествените и качествените характеристики на произведените нановлакнести материали. Доказва се и се илюстрира практическата приложимост на разработената методология на планиране, анализ и моделиране за контролирано формообразуване на нановлакнести полимерни продукти. Създава се основа за формулиране на нови научни и инженерни положения, отнасящи се до оптимизация и технологично усъвършенстване на процеса на електроовлажняване.

Оценявам положително научната и научно-приложната стойност на произведените научни и научноприложни резултати при реализирането на дисертационния труд, както и реалните възможности за индустриализация на произведените научни и научноприложни продукти. Основните резултати от проведените научни изследвания са проверени чрез сравнителни софтуерни, аналитични и експериментални изследвания за доказване на тяхната новост, приложимост и актуалност. Получените резултати са систематизирани в приложение по начин, който осигурява добра база за провеждането на сравнителен анализ.

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

Приемам, че е формулиран и обоснован научен проблем, отнасящ се до нова област на научни изследвания, свързана с въвеждането на **порест влакнест** (текстилен) **колектор** върху повърхността на заземяния противоелектрод при високо постоянно напрежение. Това определя насочеността на проведените научни изследвания и характера на получените научни резултати – **придобити са нови знания** за причините за явленията или наблюдаемите факти, а това определя принадлежността им към фундаменталните научни изследвания и научен принос във връзка с постигнатите резултати.

Приемам формулираните от кандидата **научноприложни приноси**, като ги отнасям към: (i) Доказването с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории; (ii) Създаването на нови експериментални методи на изследване и управление на процеса на електроовлакняване; (iii) Получаването и доказването на нови факти; (iv) Получаването на потвърдителни факти.

**Характер на приносите за внедряване:** (i) Разработен е експериментален подход за изследване на сложни, многофакторни, относително неустойчиви технологични процеси. (ii) Създаден и практически е приложен софтуерен инструмент за анализ и оптимизация на процеса на електроовлакняване, който подпомага инженерния избор на фактори и параметри, съкращава времето за настройване на процеса, което е от решаващо значение при разработването на нови търговски продукти. (iii) Получените научни резултати доказват приложимостта на създадената методология в лабораторни и пилотни условия, което е сериозна предпоставка за разширяване на индустриализацията на технологията на електроовлакняване.

Приемам, че произведените научни резултати от осъщественото теоретично и експериментално научно изследване представляват значим принос за разширяването на научните изследвания и инженерната приложимост, както и за обогатяването на съвременните представи относно процеса на електроовлакняване и неговата приложимост.

#### **6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите. . Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.**

Приемам, въз основа на представените ми за рецензия материали, че дисертационния труд и научните публикации, свързани с него, са изцяло дело на маг.-инж. **Момчил Шопов** и неговото лично участие при произвеждането на

научните и научноприложните резултати и осъществяването на дисертационния труд.

**Основните резултати и постижения** на дисертационния труд са публикувани в три научни публикации в сборници от международни научни конференции на IEEE, от които едната е самостоятелна, а другите две – с научния ръководител. Това е още едно основание да приема неговата водеща роля в предприетите научни изследвания, отразени също така в дисертационния труд. Същественият принос в дадена научна публикация се доказва по това, че докторантът е единствен автор или първи в списъка на съавторите, което е налице в две от трите научни публикации.

**Резултатите от научните разработки**, свързани с дисертационния труд, са оценени и видими, тъй като са докладвани (и обсъждани) пред научната общност в страната и в чужбина, в научни доклади, представени на три международни научни конференции, от които две са проведени в България и една в чужбина (Северна Македония). Към този момент, публикациите по дисертационния труд са получили две цитирания в издания, индексирани в WoS Scopus, като едното е в списание от първи квартал (Q1) на WoS, което разкрива още веднъж научната стойност и актуалността на получените резултати.

**Познавам дейността** на изследователския екип, в който участват докторантът и неговият научен ръководител, - дейност, насочена към индустриализация и мащабиране на електроовлажняването като технология и апаратна реализация, поради което мога още по-уверено да заключа, че тук е налице съществен принос, който е резултат от дейността и личното участие на маг.-инж. Момчил Шопов.

**7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.**

Резултати от научните разработки, свързани с дисертационния труд, са оценени и видими, тъй като са докладвани (и обсъждани) пред научната общност в страната и в чужбина, общо на три международни конференции. Всъщност, публикациите по дисертационния труд представляват три научни доклада на международни конференции на IEEE: (i) Две конференции - *Electrical Engineering Faculty Conference* (BulEF, 2024) и *Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems* (ELMA, 2025), проведени в страната, и (ii) Една конференция - *International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies* (ICEST, 2025), проведена в Северна Македония. Научните публикации са с отворен достъп и са налични в IEEE Xplore.

Самостоятелната публикация, в която маг.-инж. М. Шопов е на първо място (2024), е цитирана през 2025 година в научно издание, индексирано в WoS и Scopus. Публикацията (2025), в която той е на първо място, е цитирана през 2026 година също така в научно издание, индексирано в WoS и Scopus.

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

**Приемам**, че формулираните в дисертационния труд приноси представляват научен и приложен интерес, като те имат съществено значение за теорията и практиката на електроовлажняването. Те допринасят реално за развитието и

появата на нови технологии и технически средства, както и за разширяване на тяхното индустриално приложение при производството на нови продукти и услуги.

#### **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 към дисертационния труд **отразява напълно и адекватно** основните положения и приносите на дисертационния труд. Авторефератът може да бъде разглеждан като самостоятелна научна публикация, която отразява адекватно всички аспекти на дисертационния труд.

**Спазени са** всички изисквания и съответствието с образеца за изготвяне на автореферати по дисертационни трудове, посочен в сайта <https://konkursi-as.tu-sofia.bg> "*Развитие на академичния състав. Работни документи*".

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

**Положителните резултати** от предприетото научно изследване, отразени в дисертационния труд, актуалността, насочеността и полезността на дисертационния труд, добре обосновават и методически издържани технически решения, - всичко това ми дава основание да дам **положителна оценка на дисертационния труд**.

**Споделил съм** устно своите мнения, препоръки и забележки, относно представения ми за предварително становище дисертационен труд, предхождащ разглеждането в катедрата, и намирам, че те са уважени и взети предвид при окончателното му оформяне. Нямам забележки по същество.

**Мога да препоръчам** на маг.-инж. Момчил Шопов, в последващата си изследователска и преподавателска дейност, да заложи на иновативния потенциал на създадената технология на електроовлажняване с порест влакнест колектор. Убеден съм, че получените резултати от представената дисертационна работа могат да станат основа не само за нови научни публикации, но и за нови приложения.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

След запознаването ми с дисертационния труд, представен от маг.-инж. **Момчил Димитров Шопов**,

**ПРЕДЛАГАМ** на Уважаемото научно жури да приеме за установено, че:

(1) Дисертационният труд отговаря напълно на съществените изисквания на ЗВО, ЗРАСРБ, ПП-ЗРАСРБ и ПУРПНС в Техническия университет–София;

(2) Дисертационният труд, отпечатан в основните му части, е оригинално творческо научно постижение, плод изцяло на самостоятелната изследователска и научна дейност на докторанта;

(3) Дисертационният труд е насочен към решаването на важни и актуални научноприложни проблеми и е подготвен изцяло в съответствие със съвременните постижения на инженерната наука и практика;

(4) Научните постижения на докторанта се изразяват в обогатяване на съществуващите знания в областта на технологията на електроовлажняване и имат съществено значение за инженерната практиката.

На тези основания, **оценявам положително** представения от маг.-инж. Момчил Шопов дисертационен труд.

**ПРЕДЛАГАМ** на Уважаемото научно жури, **да приеме за разглеждане** представения дисертационен труд, като вземе **положително решение** относно присъждането на маг.-инж. **Момчил Димитров Шопов** на образователната и научна степен „доктор“, в професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“.

София, 10.05.2026 година

**Съставил,**

Проф. д-р инж. Петър Дончев Динев: .....

## REVIEW

on a Dissertation for obtaining  
a Scientific and educational degree of „Doctor“,  
in the Field of higher education: "*Technical Sciences*",  
Professional field: 5.2 "*Electrical Engineering, Electronics and Automation*",

Scientific and specialty: "*Electrotechnology*"

**Author of the thesis:** M. Eng. **Momchil Dimitrov Shopov.**

Theme of the Dissertation: "*Technological Processes and Apparatus for Electrospinning*"

**Scientific supervisors:** Prof. Ph.D. Eng. **Diliana Gospodinova** and  
Assoc. Prof. Ph.D. Eng. **Kostadin Milanov**

**Reviewer:** Prof. Ph.D.-Eng. **Peter Doncheff Dineff**, Technical  
University of Sofia, Department of Electrical Apparatus.

### 1. The scientific and applied relevance of the problem developed in the thesis. Degree and level of topicality of the problem and specific tasks developed in the thesis

The electrospinning is established as the only flexible and effective modern technology for laboratory, pilot and industrial production of polymer nanofibers with controlled size and morphology and of nonwoven fibrous structures based on them such as (nano)mats, scaffolds, skeletons, pads.

The high degree and high levels of relevance of the problem and tasks developed in the dissertation are specifically associated with:

(i) The sustained interest of the scientific community in the development of the technology by shifting the focus from fundamental to applied scientific research - industrial scientific research and experimental development, scaling and expansion of applications;

(ii) The increasingly clear positioning of the electrospinning as a technology with already proven industrial potential;

(iii) The presence of companies offering laboratory, pilot and industrial platforms for electrospinning and related processes, with a continuous expansion of the applicability of the process;

(iv) The growing market interest and applicability of electrospun products, which determine the need for quality management and repeatability of characteristics under conditions of increasing scalability;

(v) The existing opportunities for integrating new technological and technical solutions;

(vi) The need for engineering-oriented research aimed at analysis, modeling and optimization of the technological process, in order to increase the controllability of the technological process, depending on its orientation to a certain application;

(vii) The development of applicable approaches and tools that will ensure the desired reproducibility and facilitate the implementation of the technology in the presence of a large number of practical applications.

The main goal of this dissertation is the development and implementation of an integrated scientific-applied approach for the analysis, control and optimization of the technological process of electrospinning at high constant voltage, studying its directed complication, for the production of polymer nonwoven nanofibrous structures with controlled morphology and functional characteristics by: (i) Introduction of a porous fibrous (textile) collector on the surface of the grounded counter electrode; (ii) Control of the distribution of the electric field on the surface of the textile collector by changing the dimensions and geometry of the grounded counter electrode; (iii) Preliminary direct surface plasma-chemical activation (functionalization) of the porous fibrous collector; (iv) Modification of the characteristics of the polymer multicomponent solution for electrospinning, using a system of solvents and additives.

Based on the thus formulated goal of the presented dissertation work, the tasks and means for its achievement are divided into the following main directions:

(1) To develop and experimentally validate a methodological framework for studying the electrospinning process, based on an integrated approach that includes experimental planning, statistical analysis, mathematical modeling and optimization of technological parameters.

(2) To develop and experimentally prove the applicability of porous fiber collectors in electrospinning, by verifying the possibility of direct formation of functional fiber layers as a result of a single technological operation.

(3) To develop and experimentally verify the possibility of integrating the so-called direct plasma-chemical surface activation (functionalization) of the porous fiber collectors used at atmospheric pressure into the electrospinning process.

To overcome the limitations associated with the targeted control of the electrospinning, the following are used: systematic analysis of the influence of the main technological parameters; methods of planning experiments and statistical data processing; as well as newly developed mathematical models and software tools to support engineering research.

The practical applicability and relevance of the results of the implemented research approach is ensured by conducting experimental studies under the conditions of the adopted basic (standard) electrospinning scheme - "one needle – one jet – one polymer".

The dissertation is 157 pages, with appendices 183 pages, and includes an introduction, four chapters for solving the formulated main tasks, a list of the main contributions, a list of publications on the dissertation and used literature. A total of 188 literary sources are cited, 2 of which are in Cyrillic, and the rest are in Latin. 5 of them are Internet addresses. The dissertation work includes 55 figures and 24 tables.

The author of the dissertation has formulated goals and objectives that are adequate to the high degree of relevance of the problem and comply with the current regulatory requirements for dissertations for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor".

## **2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literature**

I positively assess the degree of knowledge of the current state of the problem under consideration and the creative interpretation of information from available

bibliographic sources demonstrated by M.Eng. **Momchil Shopov**. The goal and tasks set for the dissertation are clearly and reasonably defined.

A significant part of the bibliographic sources on the topic used and analyzed in the dissertation work are from the last 5 years – 59 %, the last 10 years – 83 %, and before 2016 – 17 %.

### **3. Relevance of the chosen research methodology and the stated aim and objectives of the dissertation to the contributions made**

The chosen research methodology, as well as the set goal and tasks of the dissertation work, correspond to the produced scientific results and the formulated scientific and applied scientific contributions of the dissertation work related to them.

Excellent knowledge of the current state of the problems set for research, as well as in-depth knowledge of the planning of the experiment, statistical analysis, mathematical modeling and optimization of technological parameters, allow the doctoral student to develop an original integrated approach to the tasks set, to select and apply effective methods of scientific research, as well as to approve the created methodological framework of research.

A careful reading of the dissertation work convinces that the research methodology chosen by the doctoral student is in full accordance with the set goal and the tasks defined by it of the dissertation work, which allowed them to be achieved and solved at a high scientific and applied level. The achieved scientific and scientifically applied contributions fully correspond to the formulated goals and objectives of the dissertation.

### **4. Brief analytical characterisation of the nature and assessment of the reliability of the material on which the contributions of the thesis are based**

The contributions of the dissertation work are built on several correctly made decisions, ensuring not only the credibility, but also the value, applicability and relevance of the obtained scientific and engineering results:

(4.1) I positively evaluate the decisions taken, justified for the purposes of the research, that relate to the object of electrospinning, i.e. to the choice of polymer and composition of the polymer solution for electrospinning:

(4.1.1) The choice of a suitable polymer as a characteristic object of research and its corresponding solvent - the experimental study undertaken is based on the electrospinning of an aqueous solution of polyvinyl alcohol (PVA), which is a synthetic, water-soluble polymer with a wide range of industrial and medical applications;

(4.1.2) Electrospinning is carried out with and without the participation of a specific crosslinking agent, in which the produced nonwoven fibrous structure is thermally crosslinked with the selected crosslinking agent as a subsequent treatment in order to obtain a characteristic crosslinked fibrous structure (scaffold), which is already difficult to dissolve in water;

(4.1.3) Selection of a functional additive (plasticizer) to the electrospinning solution - this is the bioproduct *aloe vera* (powder, juice, gel), which contains carbohydrate polymers, vitamins and amino acids, aimed at creating environmentally friendly, biodegradable and functional electrospinning products with antimicrobial action, improved morphology of nanofibers, reduced amount of defects (balls); stabilized technologically

and technically electrospinning; nanomaterials that can take on the role of a polymer matrix, for example in the creation of drug carriers, protective clothing, etc.

I positively evaluate the choice of textile materials used for the manufacture of the textile (porous fibrous) flat collector, which are representatively used in the course of the experimental study undertaken:

(4.1.4) Cotton (100% CO) woven textile material - "Denim" type fabric, representing a solid twill fabric, with an area mass of 380 g/m<sup>2</sup> and a thickness of 0.36 mm, dyed with dark blue indigo vat dye;

(4.1.5) Standard desert camouflage fabric (type "Military") of 65 % polyester/35 % cotton (PES/CO), with an area mass of 200 g/m<sup>2</sup> and a thickness of 0.36 mm.

Moreover, the two (front and back) sides of the selected textile materials have different surface characteristics, since the front side is purposefully functionalized (hydrophobized), for the purposes of its application, which allows the study of four representative implementations of the textile collector.

I appreciate positively that the entire study was conducted under the conditions of the adopted basic (standard) electrospinning scheme – “one needle–one jet–one polymer”.

(4.1.6) The delivery system consists of a “medical syringe” and an “infusion pump”, which provides a sufficiently wide range of variation and a constant value of the volumetric flow rate of the solutions used for electrospinning.

(4.1.7) The delivery system also includes a standard blunt hollow needle made of medical steel, of a certain size, which plays the role of a high-voltage electrode and an electrospinneret, forming a characteristic electrically charged microjet for electrospinning, directing it through the air space to the grounded collector.

(4.1.8) The collector system has a flat shape, and the grounded metal counter electrode has a specific geometry that directly affects the direction of the deposited nanofibers and the formation of the nonwoven fibrous structure on the surface of the textile collector.

(4.1.9) Comparative studies are carried out against a flat metal grounded collector, which simultaneously plays the role of a counter electrode.

The dissertation work is carried out in four chapters:

**In the first chapter**, through an analysis of the available bibliographic sources, it is proven that: (i) Electrospinning is a complex, dynamic and multifactorial research process, highly sensitive to the properties of the polymer solution, to the structure and electrical and geometric parameters of the apparatus implementation, as well as to the operating conditions; (ii) The produced fibrous nonwoven product finds wide application in various fields, such as solution in the filtration (air, liquid), medicine and pharmacy, electrical engineering, technical means and technologies for environmental protection, etc., as the application sets the essential requirements for it; (iii) The need to develop a systematic (methodological) approach for analysis and management of the electrospinning process, which would unite experimental research, mathematical modeling and optimization of the process, is determined primarily by the absence of a single integrated approach, regardless of the significant volume of scientific research and publications. The existing models are primarily phenomenological in nature.

**In the second chapter**, a well-founded methodological framework for the upcoming research on electrospinning has been developed, which combines

experimental planning, statistical analysis, mathematical modeling and process optimization. A systematic and informational approach has been built, which should ensure not only logical consistency and connectivity between the individual stages of the research, but also creates prerequisites for its reliable experimental verification and the practical applicability of the obtained scientific and engineering results.

**In the third chapter**, models have been developed and analyzed, including the selection of factors and process parameters; methods and engineering solutions for processing experimental data; modeling, optimization and management of the electrospinning process. The presented results from the analytical and software basis for their practical application and confirmation of the adopted research approaches. A software tool (Electrospinning Designer 1.0) for optimization of the electrospinning process has been developed, implemented in the Python programming language, which integrates experimental data, mathematical models and optimization algorithms to support the engineering selection of technological factors and parameters. The results obtained establish a connection between experimental observations and controllable technological parameters and are a real basis for subsequent experimental verification.

**In the fourth chapter**, an experimental verification of the selected approach to the electrospinning is implemented through purposefully planned series of experiments, which allow the influence of basic technological factors on the quantitative and qualitative characteristics of the produced nanofibrous materials to be assessed. The practical applicability of the developed methodology of planning, analysis and modeling for controlled shaping of nanofibrous polymer products is proven and illustrated. A basis is created for the formulation of new scientific and engineering positions relating to the optimization and technological improvement of the electrospinning process.

I positively assess the scientific and scientific-applied value of the scientific and scientific-applied results produced in the implementation of the dissertation work, as well as the real possibilities for industrialization of the produced scientific and scientific-applied products. The main results of the conducted scientific research have been verified through comparative software, analytical and experimental studies to prove their novelty, applicability and relevance. The results obtained are systematized in an appendix in a way that provides a good basis for conducting a comparative analysis.

### **5. Scientific and applied scientific contributions of the dissertation work**

**I accept** that a scientific problem has been formulated and substantiated, relating to a new area of scientific research, related to the introduction of a porous fibrous (textile) collector on the surface of the grounded counter electrode at high DC voltage. This determines the focus of the scientific research conducted and the nature of the scientific results obtained - new knowledge has been acquired about the causes of the phenomena or observable facts, and this determines the affiliation to fundamental scientific research and scientific contribution in connection with the achieved results.

**I accept** the scientific and applied contributions formulated by the candidate, referring them to: (i) Proving with new means of significant new aspects in existing scientific problems and theories; (ii) Creating new experimental methods of research and management of the electrospinning process; (iii) Obtaining and proving new facts; (iv) Obtaining confirmatory facts.

The nature of the **contributions for implementation**: (i) An experimental approach has been developed for the study of complex, multifactorial, relatively unstable technological processes. (ii) A software tool for analysis and optimization of the electrospinning process has been created and practically applied, which supports the engineering selection of factors and parameters, reduces the time for setting up the process, which is of crucial importance in the development of new commercial products. (iii) The obtained scientific results prove the applicability of the created methodology in laboratory and pilot conditions, which is a serious prerequisite for expanding the industrialization of electrospinning technology.

I **accept** that the scientific results produced from the theoretical and experimental scientific research carried out represent a significant contribution to the expansion of scientific research and engineering applicability, as well as to the enrichment of modern ideas about the electrospinning and its applicability.

#### **6. Assessment of the degree of personal involvement of the doctoral candidate in the contributions**

I accept, based on the materials submitted to me for review, that the dissertation and the scientific publications related to it are entirely the work of M. Eng. Momchil Shopov and his personal participation in the production of the scientific and applied scientific results and the implementation of the dissertation.

The main results and achievements of the dissertation have been published in three scientific publications in proceedings of international scientific conferences of IEEE, one of which is independent, and the other two - with its scientific supervisor. This is another reason to accept his leading role in the undertaken scientific research, also reflected in the dissertation. The significant contribution in a given scientific publication is proven by the fact that the doctoral student is the sole author or the first in the list of co-authors, which is present in two of the three scientific publications.

#### **7. Assessment of the publications related to the thesis: number, type of publications in which they appear. Reflection in the scientific community - use and citation by other authors, in other laboratories, countries, etc.**

The results of the scientific developments related to the dissertation work have been evaluated and visible, as they have been reported (and discussed) to the scientific community in the country and abroad, in scientific reports presented at three international scientific conferences, two of which were held in Bulgaria and one abroad (North Macedonia). At this point, the publications on the dissertation work have received two citations in publications indexed in WoS Scopus, one of which is in a journal from the first quartile (Q1) of WoS, which once again reveals the scientific value and relevance of the results obtained. The results of the scientific developments related to the dissertation work have been evaluated and visible, as they have been reported (and discussed) to the scientific community in the country and abroad, in total at three international conferences. In fact, the publications on the dissertation work represent three scientific reports at international IEEE conferences: (i) Two conferences - Electrical Engineering Faculty Conference (Bulef, 2024) and Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA, 2025), held in the country, and (ii) One conference - International Scientific Conference on Information, Communication and

Energy Systems and Technologies (ICEST, 2025), held in North Macedonia. The scientific publications are open access and are available in IEEE Xplore.

The independent publication in which M. Shopov, M.Eng. is in first place (2024), was cited in 2025 in a scientific publication indexed in WoS and Scopus. The publication (2025), in which he is ranked first, was also cited in 2026 in a scientific publication indexed in WoS and Scopus.

I am familiar with the activities of the research team in which the doctoral student and his scientific supervisor participate - activities aimed at industrialization and scaling of electrospinning as a technology and hardware implementation, which is why I can even more confidently conclude that there is a significant contribution here, which is the result of the activities and personal participation of M.Eng. Momchil Shopov.

**8. Use of the dissertation results in scientific and social practice. Existence of direct economic impact, etc. Documents on which the claim is based**

I accept that the contributions formulated in the dissertation are of scientific and applied interest, as they are of significant importance for the theory and practice of electrospinning. They contribute to the development and emergence of new technologies and technical means, as well as to the expansion of their industrial application in the production of new products and services.

**9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of the coverage of the main points and contributions of the thesis**

The abstract of the dissertation fully and adequately reflects the main points and contributions of the dissertation. The abstract can be considered as an independent scientific publication that adequately reflects all aspects of the dissertation.

All requirements and compliance with the template for preparing abstracts of dissertations, specified on the website <https://konkursi-as.tu-sofia.bg>; "Development of the academic staff. Working documents" are met.

**10. Opinions, recommendations and comments**

The positive results of the undertaken scientific research, reflected in the dissertation work, the relevance, focus and usefulness of the dissertation work, the well-founded and methodologically sound technical solutions - all this gives me reason to give a positive assessment of the dissertation work.

I have verbally shared my opinions, recommendations and remarks regarding the dissertation work presented to me for a preliminary opinion, preceding the examination in the department, and I find that they have been respected and taken into account in its final form. I have no remarks on the substance.

I can recommend to M.Eng. Momchil Shopov, in his subsequent research and teaching activities, to rely on the innovative potential of the created technology of electrospinning with a porous fiber collector. I am convinced that the results obtained from the presented dissertation work can become the basis not only for new scientific publications, but also for new applications.

## 11. Conclusion with a clear positive or negative evaluation of the thesis

After my acquaintance with the dissertation work presented by M.Eng. **Momchil Dimitrov Shopov**,

**I PROPOSE** that the Honorable Scientific Jury consider it established that:

(1) The dissertation fully complies with the essential requirements of the Law on Scientific Research and Scientific Activity in Republic of Bulgaria (ZRASRB), the Regulations for the Implementation of the Law (PP-ZRASRB), and the relevant Regulations of the Technical University of Sofia;

(2) The dissertation, printed in its main parts, is an original creative scientific achievement, the fruit entirely of the independent research and scientific activity of the doctoral student;

(3) The dissertation is aimed at solving important and current scientific and applied problems and is prepared entirely in accordance with the modern achievements of engineering science and practice;

(4) The scientific achievements of the doctoral student are expressed in the enrichment of existing knowledge in the field of electrospinning technology and are of significant importance for engineering practice.

On these grounds, I positively evaluate the dissertation presented by M. Eng. **Momchil Dimitrov Shopov**.

**I PROPOSE** the Honorable Scientific Jury to accept the submitted dissertation for consideration, making a positive decision regarding the awarding of the educational and scientific degree "Doctor" to M. Eng. **Momchil Dimitrov Shopov**, in the field of higher education "*Technical Sciences*", the professional field: 5.2 "*Electrical Engineering, Electronics and Automation*", and the scientific specialty "*Electrotechnologies*".

Sofia,

15.05.2026

Reviewer,

Prof. Ph.D. -Eng. Peter Dineff: .....