

**Závěrečná zpráva o řešení SGS projektu za rok 2015- část I. /  
*Final report for SGC project for year 2015 -part I.***

<b>Řešitel projektu / <i>Researcher</i></b>	<b>Interní číslo projektu / <i>Internal project number</i></b>	<b>21070</b>
<b>Andrii Shynkarenko, Ing</b>		
<b>Název projektu / <i>Title of project in Czech</i></b>	Vývoj zařízení pro výrobu nanovlákných přízí a jejich optimalizace pro oftalmologické implantáty	
<b>Název projektu anglicky / <i>Title of project in English</i></b>	Development of the system of devices for nanofibers yarns production and their optimization for ophthalmological implants	
Prohlašuji, že údaje uvedené v předložené zprávě o řešení grantového projektu jsou pravdivé a úplné. / <i>I declare that the information given in the report presented by the grant project are true and complete.</i>		
<b>Datum / <i>Date</i>:</b>	<b>Podpis / <i>Signature</i>:</b>	

**Osnova zprávy / *Outline of report*:**

- 1. Rozbor řešení projektu (postup a metodika práce) / *Analysis of the project (process and methodology of work)***
- 2. Řešitelský kolektiv / *Research team***
- 3. Dosažené výsledky / *Achieved results***
- 4. Vyhodnocení výsledků projektu v porovnání s vytyčenými cíli / *Evaluation of project results in comparison with objectives***
- 5. Seznam výstupů v průběhu řešení projektu (publikace, přednášky, apod.) / *List outcomes in the course of the project (publications, lectures, etc.)***
- 6. Změny v projektu / *Changes in the project***
- 7. Výkaz o hospodaření s grantovými prostředky (příloha) / *Statement on the management of grant funds (Annex)***

## 1. Rozbor řešení projektu (postup a metodika práce) / *Analysis of the project (process and methodology of work)*

Stěžejním cílem projektu je vyvinutí technologického zařízení pro výrobu přesných nanovlákných přízí s důrazem na jejich optimalizaci pro oftalmologické implantáty. Vývoj zařízení bude rozdělen do několika fází:

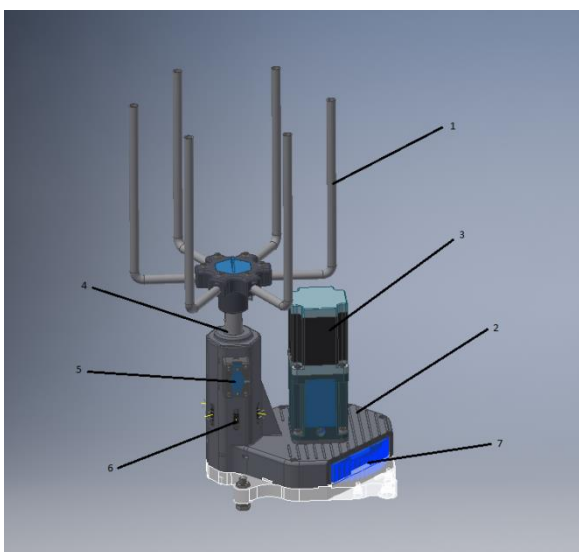
- a) návrh a následná realizace konstrukce pro vlastní výrobu nanovláken,
- b) návrh a realizace sběracího a zákrutového mechanismu nanovláken,
- c) automatizace výrobního zařízení,
- d) stanovení optimálních technologických podmínek pro různé polymerní materiály.

Předpokládaný harmonogram plnění cílů pro rok 2015:

1. Návrh 3D modelu zařízení pro výrobu nanovlákných přízí. Testování výroby nanovlákných přízí na stávajícím zařízení, včetně shrnutí dosavadních nedostatků.
2. Realizace modelu, 3D tisk plastových prvků a výroba kovových součástí.
3. Montáž prototypu.
4. Osazení prototypu elektronickými prvky.
5. Vývoj softwaru pro řízení stejnosměrných motorů.
6. Otestování prototypu s využitím externího dávkovače, případná korekce zařízení.
8. Testování polymerních materiálů z hlediska jejich paralelizovatelnosti a tvorby nanovlákných přízí včetně sledování jejich mechanických, morfologických vlastností a stejnoměrnosti.
9. Zhodnocení dosažených výsledků.

V první fázi naším úkolem byl návrh části linky pro vlastní výrobu nanovláken a to rotujícího kolektoru. Proto na začátku byl vytvořen 3D model zařízení Obr.1. Požadavky na rotující kolektor jsou:

- Vodivost sběrných tyčí
- Rychlá výměna rotujících hlav s rozdílnými rozměry
- Možnost řízení rychlosti
- Přesnost polohování rotující hlavy, kvůli kompatibilitě s dalším sběracím zařízením

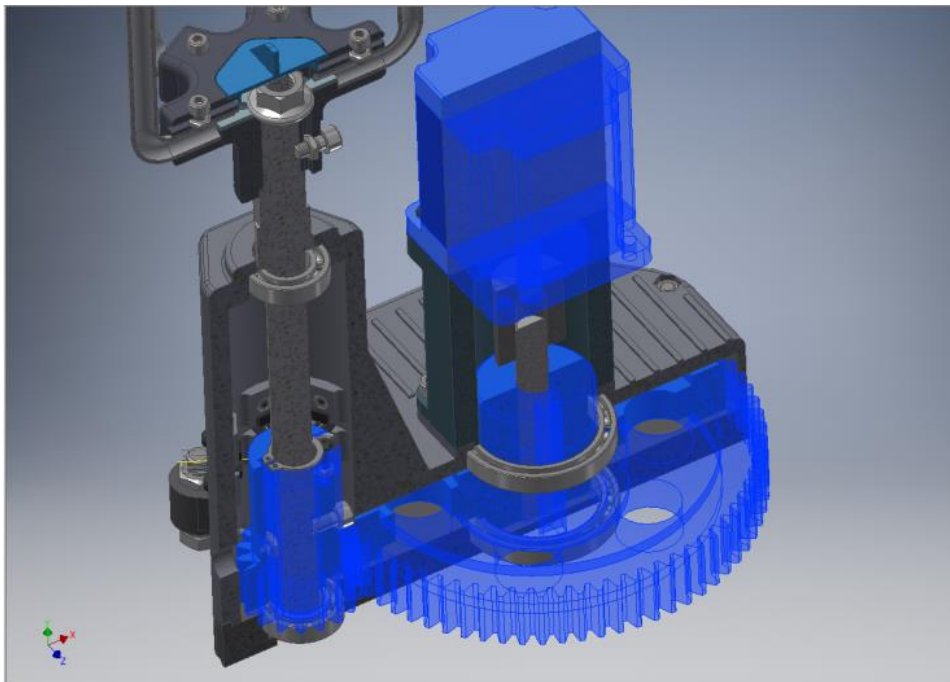


Zařízení dle Obr. 1 se skládá z následujících základních součástí:

1. Navíjecí hlava
2. Skříň
3. Krokový motor
4. Ocelový hřídel
5. Konektor
6. Snímač polohy
7. Převod

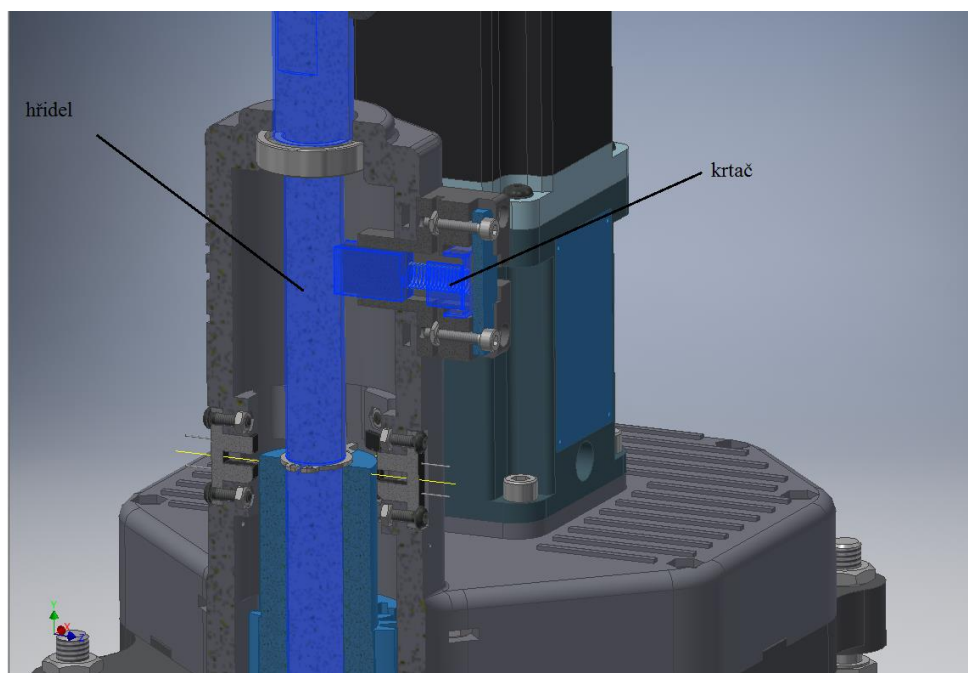
Obr. 1- Rotující kolektor pro elektrické zvlákňování

Převod se skládá ze dvou plastových kol s poměrem  $i=4$  obr.2. Hnané kolo má kontrolní špičku pro zjištění polohy otáčení.



Obr. 2 - Ozubený převod

Kartáč slouží ke stálému přenosu elektrické energie na rotující hřídel. Dál se energie přenáší k navíjecí hlavě.



Obr. 3 - Přenos elektrické energie

Pro definitivní parametry experimentů výroby nanovlakenných přízí se dá použít několik druhů navíjecích hlav, forem a velikosti profilů tyče Obr. 4.



Obr. 4 - Navíjecí hlavy a profily

Ke zvlákňování byly připraveny dva roztoky. První roztok, který jsme následně zvlákňovali za různých podmínek, byl vytvořen z polymeru PVDF (polyvinylidendifluorid) od firmy Sigma a s rozpouštědly DMAC/aceton (8:2). Poměr jednotlivých složek: 5,2 g PVDF, 11,84 g DMAC, 2,96 g aceton. Druhý roztok byl připraven z polymeru PVDF názvu Kynar 720 společně s PEO (polyethylenoxid) a rozpouštědlem DMAC, poměr PVDF a PEO 10:1, avšak tento roztok nebyl doposud při našich současných experimentech zvlákňěn.

Rychlost dávkování polymerního roztoku za pomoci pumpy byla v průměru 1,66 ml/h. Roztok byl pomocí pumpy veden ze stříkačky do jehly a následně zvlákňován vlivem elektrického pole. Vzdálenost mezi jehlou a karuselem byla 18 cm. Dodávané napětí na jehle (kladná elektroda) bylo 12 kV, napětí na karuselu (záporná elektroda) v hodnotě 4 kV. Rychlost otáčení karuselu byla nastavena na 1,5 ot/s. Přestože se to tento polymer dobře zvlákňuje i při běžné vlhkosti vzduchu, udržovali jsme ji kolem hodnoty 60%.

Proces zvlákňování probíhal dobře, avšak vlákna se nám nechytala mezi tyče karuselu (60mm), ale tyče pouze obalovala. Snažili jsme se veškeré parametry ovlivňující zvlákňování různě měnit v závislosti na tvorbě vláken na karuselu.

Při dalším zvlákňování jsme nastavili tyto hodnoty: rychlost dávkování polymerního roztoku nezměněna, vzdálenost jehly od kolektoru na hodnotě 20 cm. Napětí na jehle – 13 kV, napětí na kolektoru nezměněno. Rychlost otáčení karuselu na hodnotě 2,0 ot/s. Výsledkem byla opět vlákna pouze na tyčích karuselu, nikoliv natažená mezi nimi.

Z předchozího experimentu jsme vyvodili možnou příčinu vzniku vláken pouze na tyčích karuselu. Domnívali jsme se, že díky malému průměru vláken zřejmě dochází k jejich přetržení během zachytávání na kolektoru a tím nabalování pouze na tyče. Tento jev byl

zřejmě zapříčiněn příliš velkým napětím na karuselu. Z toho důvodu jsme toto napětí snížili na hodnotu 1,5 kV, na jehlu jsme přiváděli napětí 10 kV a rychlost otáčení karuselu zůstala nezměněna. Rychlost dávkování polymerního roztoku jsme snížili na 0,78 ml/h, jelikož docházelo k jeho přebytkovému odstříkávání. Vlhkost vzduchu jsme udržovali kolem hodnoty 50% a vzdálenost jehly od kolektoru byla 21 cm. Bohužel ani při těchto parametrech nedocházelo k efektivní tvorbě vláken mezi tyčemi karuselu.

Další možnou příčinou, kterou jsme zvažovali již od začátku, byla velmi velká vzdálenost jednotlivých tyčí mezi sebou na karuselu. Proto jsme samotný kolektor upravili a pouze provizorně připevnili navíc tyč, kterou od nejbližší tyče karuselu dělila vzdálenost pouze cca 1,5 cm. Pomocí měděných drátů jsme obě tyče propojily pro umožnění průchodu elektrického napětí. Rychlost dávkování polymerního roztoku byla upravena na hodnotu 0,87 ml/h, na jehlu bylo přivedeno napětí 21 kV, na kolektor napětí o hodnotě 1,2 kV a vzdálenost jehly od karuselu činila 15 cm. U karuselu jsme zvolili i daleko menší rychlost otáčení, a to v hodnotě 0,5 ot/s. Vlhkost vzduchu se pohybovala kolem 45%. Výsledky byly mnohem uspokojivější než doposud. Mezi zmíněnými tyčemi se tvořila velmi jemná vlákna, která jsme pomocí laboratorního sklíčka sebrali a zkoumali pomocí SEM (scanningelectronmicroscopy).

## 2. Řešitelský kolektiv / *Research team*

Ing. Andrii Shynkarenko	- odpovědný řešitel projektu, doktorand (KSA)
prof. Ing. Miroslav Olehla, CSs.	- školitel (KSA)
prof. RNDr. David Lukáš, CSc.	- školitel (KNT)
Ing. Michal Moučka, Ph.D.	- akademický pracovník (KSA)
Ing. Andrea Klápšťová	- doktorand (KNT)
Ing. Iaroslav Kovalenko	- doktorand (KSA)
Bc. Anton Krotov	- student (KSA)

## 3. Dosažené výsledky / *Achieved results*

Zařízení bylo testováno při zvláknění polymeru typu PVDF, kde není přítomný polymer PEO, který dodává roztoku při zvláknění větší elasticitu, a vlákna se tím pádem netrhají, lze pro efektivní sběr nanovláken použít karusel s tyčemi, jež mají mezi sebou menší vzdálenosti odpovídající té, kterou jsme ozkoušeli.

Na základě dosažených výsledků byla nalezena řada možných vylepšení daného zařízení. Během experimentu byla také vyzkoušena neplánovaná myšlenka o metodě identifikace přítomnosti paralelních nanovlákněných struktur pomocí interference světla. Tento způsob identifikace je plánováno rozvinout v příštím roce.

Výsledky výzkumu byly publikovány na dvou konferencích (NANOCON 2015, Workshop Světlanka 2015). Taký byl zaregistrovaný Funkční model technologického zařízení.

## 4. Vyhodnocení výsledků projektu v porovnání s vytyčenými cíli / *Evaluation of project results in comparison with objectives*

Cíle, vytyčené v přihlášce projektu byly splněny. Další projekty mohou na dosažené výsledky plynule navázat.

**5. Seznam výstupů v průběhu řešení projektu (publikace, přednášky, apod.) / *List outcomes in the course of the project (publications, lectures, etc.)***

Účast na konferenci s příspěvkem ve sborníku:

SHYINKARENKO, A. Hardware implementation of the production process of the parallel yarns. In *Workshop for Ph.D Students of Faculty of Textile Engineering and Faculty of Mechanical Engineering TUL*. 1. vyd. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2015. S. S. 239 – 242. ISBN 978-80-7494-229-7.

podíl: **100%**, typ: **D**

Publikace v recenzovaném časopise:

SHYINKARENKO, A., KLÁPŠŤOVÁ, A. . a KROTOV, A. Development Of Device For Parallel Structured Nanofibers Yarns Production. In *NANOCON 2015 – 7th International Conference on Nanomaterials – Research & Application*. 1. vyd. Ostrava, Czech Republic, EU: TANGER spol. s r.o., 2015. S. S. \ nestránkovan\ . ISBN 978-80-87294-59-8.

podíl: **80%**, typ: **D**

Funkční model technologického zařízení:

SHYINKARENKO, A. a KROTOV, A. *Rotující kolektor pro elektrické zvlákňování* [funkční vzorek].

podíl: **50%**, typ: **GB**

**6. Změny v projektu / *Changes in the project***

O změny nebylo žádáno.

**7. Výkaz o hospodaření s grantovými prostředky (příloha) / *Statement on the management of grant funds (Annex)***

uvedeno v příloze

<b>Vyjádření předsedy komise SGS fakulty / <i>Comments of Chairman of SGC committee of Faculty</i></b>	<b>Datum / Date</b>	
	<b>Podpis / Signature</b>	
<b>Vyjádření předsedy komise SGS TUL / <i>Comments of Chairman of TUL SGC committee</i></b>	<b>Datum / Date</b>	
	<b>Podpis / Signature</b>	