

# POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:  
Title, name, surname of student

Ing. Karel Šíma

Doktorský studijní program:  
Doctoral study programme

Elektrotechnika a informační  
technologie

Téma disertační práce:  
Topic of the dissertation

Tištěný senzor relativní vlhkosti na  
bázi uhlíkových nanotrubic pro  
aplikace v oblasti logistiky

Školitel:  
Supervisor

prof. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.

Oponent:  
Opponent

prof. Ing. Zdeňka Kolská, PhD.

## Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Práce je zaměřena na vývoj senzorového prvku relativní vlhkosti pro využití v oblasti chytrých obalových materiálů. Výsledkem práce je senzorový prvek relativní vlhkosti založený na bázi uhlíkových nanotrubic, které byly chemicky modifikovány. Tento senzorový prvek je realizovatelný tiskovými technologiemi. Dále byl tento senzor integrován do vyvinutého hybridního tištěného senzorického štítku.

Výsledky tohoto výzkumu jsou aplikovatelné v oblasti vývoje pokročilých a chytrých obalových materiálů, tedy vývoji prvků pro ochranu produktů během transportu a hlídání parametrů přepravy pomocí různých jednorázových indikátorů specifických transportních podmínek.

Z tohoto pohledu se jedná o řešení aktuálního, důležitého tématu.

## Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Významným a důležitým výsledkem celé práce je vývoj, navrzení a otestování senzorového prvku relativní vlhkosti pro využití v oblasti chytrých obalových materiálů. Jde o práci, která řeší aktuální téma.

Použité metody přípravy, charakterizace a testování připravených vzorků použité v disertační práci jsou vhodné a používány v podobné problematice. Práce byla provedena v několika krocích: výběr struktury senzorového elementu, příprava, zpracování a deponování funkčních materiálů, testování odezvy deponovaných materiálů, charakterizace senzorového elementu, návrh a realizace demonstračního chytrého štítku, což jsou kroky očekávatelné vzhledem k uvedeným cílům práce:

- Návrh senzorového elementu relativní vlhkosti na bázi uhlíkových nanotrubic.
- Realizace senzorového elementu relativní vlhkosti tiskovými technologiemi na flexibilní substrát.
- Integrace senzorového elementu do konceptu chytrého štítku.

Z prezentovaných výsledků vyplývá, že cíle práce byly splněny.

## Stanovisko k výsledkům disertační práce a

### k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Z výsledků plyne, že byly zrealizovány navržené cíle práce, byl vytvořen senzor relativní vlhkosti, který má odporový charakter, je měřitelný stejnosměrným signálem a je možné jej zakomponovat do konceptu chytrého štítku. Byly připraveny senzorové prvky založené na kombinaci uhlíkových nanotrubic, které byly chemicky modifikovány, konkrétně MWCNT-COOH a kovového ftalocyaninu

na bázi niklu s funkčními skupinami  $-\text{SO}_3\text{Na}$ , konkrétně  $\text{NiPC-SO}_3\text{Na}$ . Tyto připravené prvky vykazují relativní odporovou změnu.

Velmi dobře dopadly i testy opakovatelnosti, tedy senzory mohou být použity opakovaně.

V rámci integrace vytvořeného sensorového elementu do konceptu chytrého štítku byl vyvinut a vyroben prototypový hybridní tištěný štítek.

Prezentované výsledky ukazují, že práce přináší nové, cenné výsledky v oblasti vývoje senzoru relativní vlhkosti pro chytré obalové materiály.

### Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce je psána hezky, zajímavě, čtivě. Je logicky členěná.

Práce obsahuje některé překlepy či nepřesnosti, níže uvádím jen některé, např.:

Str. 5, vzorce chemických látek neobsahují spodní indexy,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , má být správně  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

HydroyEthyl Celulóza není správný název, má být asi hydroxyethyl...

interdigitální elektrody, má být.. interdigitální...

Některé věty obsahují anglické termíny bez českých ekvivalentů, např. str. 21 (a i dále v textu): „U reálného senzoru se často na sensorických vlastnostech projevuje stárnutí receptoru, což může vytvořit offset nebo může vytvořit například drift senzoru.“

V textu je nejednotný zápis symbolů veličin, některé kurzívou, některé ne, a to i ve vztazích a textech, které definují veličiny vztahů, např. str. 23, vztah (1) a text pod ním. Naopak vztah na str. 28, 5. odst. je psán jen „ručně“ bez editoru vztahů a bez kurzívy. Tedy ani vztahy nejsou v celém textu psány jednotně. Ta nejednotnost je pak viditelná i v jednom obrázku, kde je kombinace obou zápisů (viz Obr. 13, jiný zápis pro chirální vektor a jiný zápis pro ostatní).

Str. 26: „U uhlíku je známo, že je schopen vytvářet pevné vazby C-C, například síla dvojných vazby dvou atomů uhlíku odpovídá  $611 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ “. V této větě jsou hned 3 nepřesné informace: Uhlík tvoří vazby C-C, C=C nebo C≡C, ty jsou definovány „vazebnou energií“, nikoli pevností... , vazebná energie se udává v jednotkách  $\text{kJ/mol}$  (nikoli  $\text{kJ/mol}$ ); Hodnoty vazebné energie jednotlivých vazeb roste v řadě: 347 (C-C), 611, někde 614 (C=C), 837, příp. 839 (C≡C) resp.  $\text{kJ/mol}$ .

Taktéž je v textu nejednotný zápis jednotek, viz např. většinový zápis  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  nebo  $\text{W}\cdot\text{mK}^{-1} \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1} \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a jinde  $\text{g/cm}^3$ .

Str. 32: „UV-vis spektra ..“, správný zápis má být UV-Vis.

Rentgenová krystalografie (X-rays diffraction), správnější název je rentgenová difrakce nebo difrakční analýza, anglické diffraction má 2f.

Str. 35: „karboxylovou skupinou  $\text{COOH}$ ...“, karboxylová skupina by měla být psána (se symbolem vazby):  $\text{-COOH}$ , taktéž i další skupiny v textu (např.  $\text{-SO}_3\text{Na}$  nebo  $\text{-COONa}$ , str. 51).

Str. 50, Zde je anglické názvosloví použitých látek (viz 1. sloupec Tab. 2) kombinováno s českým (texty okolo tabulky), když je celý text česky, měly by být i názvy látek česky.

V Tab. 2 jsou chemické vzorce psány nesprávně (bez spodních indexů, správně má být např.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ , atd.).

Nad Tab. 2 se vyskytuje nesprávný název „naftalinem“.. ??

Str. 53: „2,5-Dihydroxy-1,4benzoquinone“, chybí pomlčka mezi 1,4benzoquinone

Taktéž je v textu nejednotný zápis hodnot a veličin, někde psáno bez mezer, např. 2ml (str. 52), jinde s mezerou, např. 1 mg : 10 ml (např. str. 56 a ve většině textu).

Str. 57: „Doba odezvy byl určen na 15 sekund.“... špatné skloňování.

### Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Bohužel, k publikacím studenta je těžké dodat vyjádření. Dle dodaného seznamu student nevykázal žádnou IF publikaci vztahující se k disertační práci (viz seznam na str. 87-88). Má zde uveden pouze seznam příspěvků ve Sbornících na konferenci. Nevím tudíž, zda byly splněny podmínky k odevzdání disertační práce.

Jediná IF publikace, kde je student spoluautorem a kterou uvádí, je uvedena až v seznamu „Ostatních prací“ a to až na 9. místě.

Na druhou stranu je patrné, že student je součástí týmu autorů uděleného Patentu, Užitého vzoru, kde je však velké množství autorů.

Výsledky, které student v rámci práce získal, byly publikovány pouze na konferencích a jsou součástí sborníků, což je jistě na škodu, vzhledem k velkému množství získaných výsledků a zajímavému, aktuálnímu tématu, a je to poměrně překvapivé.

### **Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě**

Total evaluation and questions for defence

Disertační práce obsahuje nové výsledky v oblasti vývoje senzorového prvku relativní vlhkosti pro využití v oblasti chytrých obalových materiálů. Byl vyvinut a otestován nový senzorový prvek relativní vlhkosti založený na bázi uhlíkových nanotrubic a byl integrován do vyvinutého hybridního tištěného senzorického štítku.

Ke studentovi mám následující dotazy:

- 1) co Vás vedlo k nápadu přípravy senzoru na bázi CNT? Z textu tento motiv není patrný.
- 2) Jaké jiné materiály by mohly být pro tento typ senzoru použity?
- 3) Jaký je podíl práce studenta v uvedené publikaci v časopise Polymers a též v uděleném Patentu?

Doporučuji disertační práci k obhajobě

I recommend the dissertation for the defence

ano yes	x	ne no
------------	---	----------

Datum

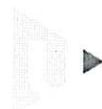
Date

11.11.2022

Podpis oponenta:

Signature of opponent

\_\_\_\_\_



# POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. Karel Šíma

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informační technologie

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Tištěný senzor relativní vlhkosti na bázi  
uhlíkových nanotrubic pro aplikaci v oblasti  
logistiky

Školitel:

Supervisor

Prof. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.

Oponent:

Opponent

Doc. Ing. Jan Urbánek, CSc.

## Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Disertační práce Ing. Šímy vychází z potřeb konceptu Průmysl 4.0, které v úvodu zmiňuje a v analýze současného stavu na vybraných příkladech podrobněji rozvádí. Hlavní pozornost věnuje senzorům, jejich parametrům a vlastnostem, zejména s ohledem na zadání práce. Probírá uhlíkové nanotrubic jako základního receptoru senzorů RH (relativní vlhkosti), varianty jejich funkcionality a tiskové metody pro jejich nanášení. S ohledem na obecné požadavky konceptu Průmysl 4.0, požadavků logistiky a chytrých obalových materiálů stanovil cíle práce (kap. 3).

Cílem práce bylo realizovat senzor relativní vlhkosti odporového charakteru měřitelný stejným proudem v provedení vhodném pro logistické operace (chytrý štítek) a tento štítek vyrobit. Receptorem senzoru jsou uhlíkové nanotrubic. Všechny použité materiály a postupy jsou ekologické a recyklovatelné. Splněním stanovených cílů tak byl více než naplněn úkol mateřské katedry doktoranda v oblasti pedagogické i vědecko-výzkumné.

## Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Autor postupoval podle obvyklého schéma – analýza sensorového elementu, výběr materiálů a technologických postupů, odzkoušení/ověření měřením, charakterizace sensorového elementu, návrh a realizace chytrého štítku. Dílčí kroky ověřoval měřením – provedl rozsáhlá ověření vlivu parazitních plynných analytů, určení základních parametrů senzoru, testů stability, optimalizaci vf komunikace s mobilním zařízením. Cíle uvedené v kap. 3 byly beze zbytku splněny. Nad rámec stanovených cílů byla vytvořena aplikace pro mobilní zařízení komunikující se štítkem umožňující jeho konfiguraci, spuštění a čtení dat.

## Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Výsledky disertační práce jsou původní, ve své komplexnosti zcela originální. Jsou významným příspěvkem k širším pracem v rámci konceptu Průmysl 4.0. Je třeba zdůraznit obecnou publicitu výsledků formou užitných vzorů a přihlášky patentu.

### Vyjádření k systematice, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Text disertační práce je uspořádán logicky, členěn do dílčích kapitol. Grafická úroveň je vynikající. Ne všechny použité zkratky jsou uvedeny v Seznamu zkratk.

Příznivý dojem poněkud snižují prohršky jazykové, jak po stránce gramatické tak syntaktické/významové. Některé dále uvádím.

Str. 38 – „Jedná se o velmi malé kapičky, o *objemu* zhruba 35 pikolitrů, ...“

Str. 39 – „...předhřívání...“ správně *předohřívání* či *předehřívání*.

Str. 42 – „...500/500  $\mu\text{m}$  (mezery / šířka „prstu hřebínku“). „500/500  $\mu\text{m}$  (*šířka mezery / šířka „prstu hřebínku“*)“.

Str. 42 – „...zvolena konkrétně struktura...“ „...*zvolena struktura*...“

Str. 45 – „...konektorizovat...“ zajímavý novotvar. Lze říci i česky?

Str. 57 – „Doba odezvy byl určen na 15 sekund.“ „Doba odezvy *byla určena* na 15 sekund.“

Str. 58 – „...proč byl zvolen (oblast logistiky či prostředí dnešní civilizace a kde může být senzorový element vystaven zvýšené koncentraci daného analytu).“ - „...proč byl zvolen (*oblast logistiky či prostředí dnešní civilizace, kde může být senzorový element vystaven zvýšené koncentraci daného analytu*).“

Str. 58 – „...“ „Test křížové citlivosti se sestával...“ „Test křížové *citlivosti sestával*...“

### Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Seznam publikací k DP obsahuje 13 položek, ostatních publikací také 13. Dále autor uvádí 2 užité vzory a podíl na patentu (další v řízení). Celkovou publikační aktivu je možno označit jako nadprůměrnou.

Dotaz: Proč nejsou mezi autorovými publikacemi ty uvedené v seznamu použité literatury pod čísly 22 a 76, což jsou autorovy publikace mající bezprostřední vliv na řešení DP?

### Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Předložená disertační práce pana Ing. Karla Šímy splňuje podmínky doktorského studia na FEL ZCU v Plzni.

Práci doporučuji k obhajobě.

Otázka k obhajobě: V úvodu práce několikrát uvádíte termín „... *ultimátní* vizi...“. Jak by zněl stejně výstižný termín český? Třeba i víceslovný?

Doporučuji disertační práci k obhajobě

I recommend the dissertation for the defence

X yes	x	ne no
----------	---	----------

Datum

12. list. 2022

Date

Podpis oponenta:

Signature of opponent

