

doc. Ing. Václav Vaněk, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta strojní, Katedra konstruování strojů

Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

Oponentský posudek disertační práce

Pavla Srba

s názvem

„Výzkum nízkohustotních kompozitních pěn s přírodními vlákny pro návrh výplně automobilových sedaček“

Studijní obor: 2302V010 – Konstrukce strojů a zařízení

Škola: Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní

Rozbor práce

Disertační práce (dále DisP) se zabývá výzkumem nízkohustotních kompozitních pěn vyztužených přírodními vlákny s cílem jejich možného použití v automobilovém průmyslu jako možné náhrady standardní výplně z polyuretanové pěny v automobilových sedačkách. Výhodou tohoto kompromisního řešení, využití kompozitních materiálů s přírodními vlákny, je to, že po úpravě mohou být zachována výrobní zařízení, díky čemuž by nemuselo být zavedení výroby sedaček z těchto materiálů do reálné výroby neúnosně nákladné a vytváří tak vysoký potenciál pro brzké uplatnění výsledků uváděných v DisP v automobilovém průmyslu. Bylo zjištěno, že sledované vlastnosti výplní automobilových sedaček, opěráků a hlavových opěrek, vyrobených v DisP vybrané nízkohustotní kompozitní pěny vyztužené přírodními vlákny, jsou jistým obrazem vlastností zjištěných u výplní z čisté PU pěny. Mají však nižší hmotnost. Výsledkem DisP je tedy zjištění, že výplň z PUK pěny snižuje nepatrně statický komfort sezení, ale na druhou stranu zvyšuje dynamický komfort sedící osoby. Dalším výsledkem jsou také nově navržená a modernizovaná zkušební zařízení určená pro testování autosedaček, která jsou uzpůsobená pro statická a dynamická měření jak autosedaček, tak i zkušebních vzorků.

DisP je rozčleněna do následujících částí

- **Úvod** – V úvodu autor komentuje to, co je předmětem DisP a uvádí, že v současné době výrobci vozidel kladou vysoké nároky na vývoj a konstrukční řešení automobilových sedaček a konstatuje, že hlavním požadovaným parametrem je celkové snižování hmotnosti automobilu, což se následně promítá i do snižování hmotnosti autosedačky, při současném zachování komfortu (kvalita sezení) a bezpečnosti pasažéra (vibroizolační a nárazové vlastnosti). Uvádí také, že v současné době je nedořešena náhrada výplňové PU pěny alternativním materiálem, který by lépe splňoval požadavky na vlastnosti v průběhu celého životního cyklu autosedačky (mechanické vlastnosti, ekologie, recyklace, energetická náročnost výrobních technologií, náklady apod.).

Autor konstatuje, že vhodným řešením, při snižování hmotnosti automobilové sedačky, je využití nízkohustotních kompozitních pěn vyplněných lehkými výztužemi, což je východiskem pro problematiku řešenou v této DisP.

- **Problematika výzkumu a vývoje výplně automobilové sedačky** – V této kapitole autor provádí analýzu a rozbor vlastností materiálů vhodných pro výplně automobilových sedaček a dále se pak zabývá jejich konstrukčními provedeními. Autor uvádí výhody a nevýhody aplikace pěn vzhledem k zatěžování stlačením. Jsou ukázány možnosti ve využití reologických modelů při návrhu výplní sedaček. Kapitola obsahuje také postupy testování automobilových sedaček podle příslušných norem a platných předpisů. V závěru kapitoly autor konstatuje, že PU pěny zřejmě budou i v budoucnu používaným materiálem pro výrobu autosedaček. Vzhledem ke vzrůstajícím nárokům na vlastnosti výplňových materiálů bude důraz kladen především na kombinaci pěn s dalšími podpurnými materiály.
- **Cíl** – Zde jsou stanoveny cíle DisP. Primárním cílem byl návrh a realizace funkčního vzorku automobilového sedáku s nízkohustotní kompozitní pěnou vyztuženou přírodními vlákny.
- **Stanovení vybraných fyzikálních vlastností vzorků nízkohustotních kompozitních pěn s přírodními vlákny** – V této kapitole se autor zabývá stanovením parametrů výplňového materiálu, které jsou důležité pro určení jeho použitelnosti jako komfortní výplně při konstrukci automobilové sedačky. Provedením experimentálního měření bylo zjištěno, že pěna s přírodními vlákny má větší tuhost při stejném průběhu získaných zatěžovacích charakteristik v porovnání s PU pěnou. Bylo také zjištěno, že u vzorků s kompozitních pěn byla hodnota relaxace téměř dvojnásobná oproti vzorku z PU pěny. Pomocí MKP byly vytvořeny strukturní modely umožňující vizualizovat a studovat rozložení napětí mezi vlákny a ve struktuře PU pěny. Numerické modely byly vytvořeny pro vertikálně i pro horizontálně stavěná vlákna. Pro vertikálně stavěná vlákna (chovají se jako pruty namáhané na vzpěr) je tuhost kompozitu při malých deformacích vyšší a s narůstající deformací klesá (vybočení vláken). U horizontálních vláken při větší deformaci dochází vlivem krutu a ohybu vláken k nárůstu tuhosti ve srovnání se vzorkem z PU pěny. Byly také provedeny testy rozložení kontaktního tlaku mezi indentorem a vzorkem, které prokázaly homogenní rozložení kontaktního tlaku. Výsledky získané v této kapitole přispěly k výběru materiálu vhodného pro použití jako výplně autosedačky.
- **Konstrukční návrh výplně automobilové sedačky z kompozitní nízkohustotní pěny s přírodními vlákny** – V kapitole se autor věnuje konstrukčnímu návrhu funkčního vzorku automobilové sedačky s výplní kompozitní pěnou s kokosovými vlákny. Pro návrh výplně sedačky bylo nezbytné zjistit specifikované parametry výplně z PUK pěny. Za tímto účelem autor využívá pokročilé MKP simulace. Na základě DisP byly také navrženy a zkonstruovány modernizovaná testovací zařízení, na kterých byly provedeny statické a dynamické zkoušky na fyzicky realizovaném funkčním vzorku. Výsledkem bylo zjištění, že výplň z PU pěny s kokosovými vlákny na jedné straně snížila statický komfort nárůstem tuhosti a na druhé straně zvýšila dynamický komfort odvozený od velikosti přenosové charakteristiky pro danou frekvenci.
- **Přínosy disertační práce** – V této kapitole autor uvádí přínosy této DisP pro vědní obor a pro automobilový průmysl.
- **Závěr** – V závěru autor shrnuje, co bylo uděláno pro dosažení cílů DisP a také doporučuje směry budoucího výzkumu v oblasti uváděné problematiky. Autor také

konstatuje, že výplně automobilových sedaček z PU pěny vyztužené přírodními vlákny mají velmi vysoký potenciál k tomu, aby se staly dalším, nově vyvíjeným, konstrukčním řešením nových automobilových sedaček.

Dosažení v DisP stanoveného cíle

Primárním cílem bylo provést výzkum nízkohustotních kompozitních pěn vyztužených přírodními vlákny, které bude možné použít jako náhradu v současnosti používané standardní polyuretanové pěny v automobilových sedačkách. Pro splnění tohoto cíle byla provedena řada studií, analýz, modelových simulací, návrhů zkušebních zařízení a praktických zkoušek. Vše, co bylo v průběhu řešení úkolu splněno, je velmi přehledně shrnuto v závěru DisP.

Cíle a sub-cíle disertační práce, které jsou uvedeny v kap. 2 DisP, považuji za splněné

Úroveň rozboru současného stavu v DisP řešené problematiky

Rozbor současného stavu řešené problematiky je v navrhované DisP uveden srozumitelným a dle mého názoru vyčerpávajícím způsobem. Autor uvádí, že v současné době je nedořešena náhrada výplňové PU pěny alternativním materiálem, který by lépe splňoval požadavky na vlastnosti v průběhu celého životního cyklu autosedačky (mechanické vlastnosti, ekologie, recyklace, energetická náročnost výrobních technologií, náklady apod.). Z rešerše uvedené v DisP však vyplývá, že náhrada standardních PU pěn je proveditelná a technicky dosažitelná, což je následně prokázáno i v této DisP. Přesto, že autor uvádí řadu možností a směrů v oblasti vývoje nových výplňových materiálů (i kombinace různých materiálů, či různých tvarových funkčních prvků) konstatuje, že používání PU pěny při konstrukci automobilových sedaček bude především z ekonomických důvodů i nadále dominantní, pokud nedojde v budoucnu k nějakému legislativnímu omezení v používání PU pěn. Autor tedy vidí větší budoucnost a snazší uplatnění v praxi u kompozitních pěn vyztužených přírodními vlákny, což je do určité míry možno považovat za kompromisní řešení.

Teoretický přínos disertační práce

Pomocí MKP byly vytvořeny strukturní modely vzorků PU a PUK pěny umožňující vizualizovat a studovat rozložení napětí mezi vlákny a ve struktuře PU pěny. Numerické modely byly vytvořeny pro vertikálně i pro horizontálně stavěná vlákna. Pro vertikálně stavěná vlákna (chovají se jako pruty namáhané na vzpěr) je tuhost kompozitu při malých deformacích vyšší a s narůstající deformací klesá (vybočení vláken). U horizontálních vláken při větší deformaci dochází vlivem krutu a ohybu vláken k nárůstu tuhosti ve srovnání se vzorkem z PU pěny. Byly vytvořeny pokročilé MKP modely celých výplní sedáků z PU a PUK pěny a provedeny MKP simulace odpovídající sedákům s reálnými tvarovými a rozměrovými parametry. Modely umožnily stanovit tuhost, disipační energii a tzv. „komfortní“ vlastnosti, jako je např. rozložení deformace a napětí po ploše a v objemu sedáku a kontaktní tlak. Výsledky získané pomocí simulací byly ověřeny pomocí výsledků získaných provedenými experimenty a v DisP je uvedeno, že vykazují poměrně dobrou shodu.

Praktický přínos disertační práce

Praktickým přínosem DisP je zjištění, že v práci testované nízkohustotní kompozitní pěny s přírodními vlákny mají obdobné průběhy zatěžovacích charakteristik, ale vykazují o něco vyšší tuhost. Při návrhu a konstruování automobilových sedaček lze využít především toho, že parametry jejich sledovaných vlastností vykazují značnou podobnost s parametry čisté PU pěny, ale mají nižší hmotnost. Snižování hmotnosti dílů je v současné době významný požadavek automobilového průmyslu.

Významným výsledkem jsou také nově navržená a modernizovaná zkušební zařízení určená pro testování autosedaček, která jsou uzpůsobená pro statická a dynamická měření jak autosedaček, tak i zkušebních vzorků.

Způsob, jak byly použité metody aplikovány

Zvolené metody (i experimentální) a navržené simulační prostředky (experimentálně ověřené), byly aplikovány vhodně a správně v návaznosti na logiku postupu vývoje, konstrukčního návrhu automobilové sedačky s výplní nízkohustotní pěnou vyztuženou přírodními vlákny.

Prokázání odpovídajících znalostí v daném oboru

Domnívám se, že autor je velmi dobře zorientován v řešené problematice, což plyne i z jím již dříve získaných jak teoretických, tak i praktických poznatků a zkušeností.

V daném oboru prokázal jednoznačně odpovídající znalosti, které využil k návrhu v DisP uváděných vlastních řešení.

Formální úroveň práce

DisP je systematicky zpracována. Její jazyková úroveň i grafické zpracování má odpovídající úroveň. V DisP jsou pouze drobné chyby a to především v nedůsledném a správném označování některých veličin v matematických vztazích uváděných v DisP (např. na str. 29 – 30), což může způsobit obtížnou srozumitelnost předkládaného textu.

Dotazy k obhajobě

1. Jakým způsobem bylo při výrobě sedáku dosaženo takového uspořádání přírodních vláken, aby odpovídalo v kapitole 4 navrhované geometrii průběhu vlákna, jež byla dosažena natáčením jednotlivých segmentů pěny, viz obr. 4.30?
2. Proč jsou v DisP uvažována pouze přírodní vlákna? V době, kdy se často ukazuje, že použití něčeho přírodního, především v hromadné výrobě, může naopak vést ke zcela opačnému dopadu na naši planetu (např. odpor společnosti k používání palmového oleje v potravinářském průmyslu). Jaký je váš názor na možné použití výztužných vláken z jiného, než tzv. „přírodního“ materiálu?
3. Vidíte nějakou možnost využití částí sofistikovanějšího konstrukčního provedení sedaček určených pro nákladní a kamionovou přepravu v konstrukci sedaček pro běžné automobily?

Závěrečné vyjádření

Na základě výše uvedeného doporučuji disertační práci **Pavla Srba** k obhajobě a v případě úspěšné obhajoby doporučuji udělit disertantovi akademický titul

„doktor“.

V Plzni dne 22. 8. 2018



doc. Ing. Václav Vaněk, Ph. D.

Doc. Ing. Ludvík Prášil, CSc.
Na Výšinách 443/20, 460 05 Liberec 5

**Oponentní posudek disertační práce
Ing. Pavla Srba**

**„Výzkum nízkohustotních kompozitních pěn s přírodními vlákny
pro návrh výplně automobilových sedaček“**

Studijní obor: 2302V010 – Konstrukce strojů a zařízení

Vysoká škola: Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní

Školitel: Doc. Ing. Vítězslav Fliegel, CSc.

Na základě pověření prof. Dr. Ing. Petra Lenfelda, děkana Fakulty strojní, Technické univerzity v Liberci (č. j. TUL-3375-40/2112), jsem vypracoval tento oponentní posudek na uvedenou disertační práci.

Zaměření a stručný obsah disertační práce, aktuálnost tématu

Disertační práce je zaměřena na výzkum nízkohustotních kompozitních pěn vyztužených přírodními vlákny jako možnou náhradu standardní polyuretanové pěny v automobilových sedačkách při zachování stávajících mechanických vlastností.

V úvodních kapitolách je představena rešerše řešené problematiky, kde se autor zabývá popisem parametrů automobilové sedačky zejména z hlediska komfortu sezení. Za nedořešený problém považuje náhradu polyuretanové pěny v závislosti na požadovaných komfortních a mechanických vlastnostech. Na základě rozboru řešeného problému navrhuje použití nízkohustotní kompozitní pěny vyztužené přírodními vlákny. V následujících kapitolách práce jsou provedeny podrobné rozборы struktur vybraných vzorků standardních polyuretanových pěn a navrhnutých kompozitních pěn s přírodním vlákny a experimentálně stanoveny vybrané mechanické vlastnosti (kontaktní tlaky, tuhost a tlumení). Pomocí MKP byly vytvořeny strukturní modely s horizontálně a vertikálně orientovanými vlákny, umožňující vizualizovat a studovat rozložení napětí mezi vlákny a strukturou polyuretanové pěny. S jejich pomocí, při porovnání s reálnými vzorky, byl vytvořen vyhovující materiálový model.

Závěrečné kapitoly obsahují konstrukční návrh a realizaci vzorku výplně sedáku z kompozitní pěny s kokosovými vlákny, výsledky experimentálního testování vzorku výplně sedáku a popisy experimentálních zařízení pro různé typy zkoušek, dosažené výsledky a přínosy práce. V samotném závěru autor shrnuje vykonané práce pro

splnění cíle disertační práce a doporučuje směry budoucího výzkumu ve sledované problematice.

Téma disertační práce je velmi aktuální. Sleduje současné trendy vývoje v automobilovém průmyslu, tj. snižování hmotnosti jednotlivých dílů, resp. skupin automobilu a s tím související snižování energetické náročnosti a škodlivých emisí.

Stanovení cíle a jeho splnění

Cílem disertační práce bylo navržení a realizace funkčního vzorku nízkohustotní kompozitní pěny vyztužené přírodními vlákny pro výplně automobilových sedaček při zachování stejných nebo lepších mechanických vlastností v porovnání se současně používanou standardní polyuretanovou pěnou v automobilových sedačkách.

Autor práce rozčlenil cíle do dvou částí a to, na stanovení fyzikálních vlastností vzorků nízkohustotních kompozitních pěn s přírodními vlákny a na konstrukční návrh a realizaci funkčního vzorku výplně automobilové sedáku s vybranou kompozitní pěnou s přírodními vlákny. V každé části stanovil dílčí úlohy vedoucí ke splnění primárního cíle. Při řešení postupoval důsledně stanoveným směrem.

Cíl disertační práce považuji v celém rozsahu za splněný.

Vyjádření k použitým metodám

Použité postupy při řešení úlohy byly zvoleny správně. Doktorand postupoval systematicky od rozboru současného stavu problematiky výzkumu a vývoje výplní automobilové sedačky, k návrhu vzorků výplně a možných variant konstrukce výplně sedáků vytvořením numerických strukturních modelů a provedením experimentů.

V závěrečné části práce zpracoval konstrukční návrh výplně sedačky z kompozitní pěny s kokosovými vlákny.

Všechny teoretické výpočty i konstrukční návrhy byly ověřovány na zkušebních zařízeních, které doktorand sám navrhnul a zkonstruoval.

Hodnocení publikační činnosti

V přehledu publikační činnosti uvádí disertant vybrané články publikované v časopisech a příspěvky ve sbornících odborných konferencí, u kterých je jedním z autorů. Dále je spoluautorem 1 užitého vzoru a 4 funkčních vzorků a prototypů.

Nové poznatky a vyjádření k výsledkům

Práce obsahuje zcela konkrétní původní poznatky.

Užití polyuretanové pěny vyztužené přírodními vlákny jako výplně sedaček v automobilech přináší řadu výhod, např. po úpravě mohou být zachována výrobní zařízení výplní sedáků z polyuretanové pěny (snížení pořizovacích nákladů nové technologie), vlastnosti navržené kompozitní pěny s kokosovými vlákny se nepříliš odlišují od vlastností stávající polyuretanové pěny, hmotnost autosedačky je nižší a dynamický komfort je vyšší.

K velmi významným výsledkům lze přiřadit nová, resp. modernizovaná zkušební zařízení pro statická a dynamická měření zkušebních vzorků výplní i celých autosedaček a také i navržené experimentální metody.

Přínosy práce pro vědní obor

Pro vědní obor Konstrukce strojů a zařízení je disertační práce bezesporu přínosem.

Teoretický přínos spočívá ve vytvoření pokročilých modelů vzorků a celých výplní sedáků z polyuretanové a kompozitní pěny, které byly verifikovány s experimenty. Lze jimi vyjádřit závislost síly a deformace, následně tuhost a disipační energii u vzorku, resp. rozložení napětí, deformace a kontaktního tlaku pro výplň kompletního sedáku. Modely vykazují dobrou shodu s experimenty.

Za praktické přínosy práce lze považovat zjištění, že navržené nízkohustotní kompozitní pěny vykazují podobné závislosti zatěžovacích charakteristik jako polyuretanové pěny, mají však podstatně nižší hmotnost. V současnosti je to významný požadavek výrobců automobilů. K praktickým přínosům patří i realizace nových zkušebních zařízení určených pro testování zkušebních vzorků a celých autosedaček.

Otázky k obhajobě

1. Bylo při vyhodnocování výsledků a experimentů využito metod statistického hodnocení? Jestliže ano s jakými výsledky.
2. Proč nejsou hojněji využívány biopěny?
3. Jakou výhodu přináší synergický efekt použití vláknenné výztuže do polyuretanové pěny?

Celkové zhodnocení

Disertační práce Ing. Pavla Srba v ucelené podobě předkládá výsledky výzkumných aktivit ve sledované oblasti a dokumentuje uplatnění nízkohustotních pěn s přírodními vlákny v konstrukci automobilové sedačky.

Vypracováním disertační práce doktorand prokázal schopnost samostatné vědecké práce. Má hluboké teoretické znalosti a přináší nové poznatky v oboru.

V disertační práci jsou uvedeny zcela konkrétní původní výsledky a to jak v oblasti teoretické, tak i experimentální. Prokázal, že dokáže své znalosti publikovat ve vědeckých časopisech a na konferencích.

Závěr

Doktorand pan Ing. Pavel Srb předložil disertační práci splňující požadavky studijního a zkušebního řádu Fakulty strojní Technické univerzity v Liberci a **doporučuji** ji podle zákona č. 111/1998 Sb. §47 k obhajobě.

Po úspěšné obhajobě doporučuji udělit mu akademický titul

„doktor“ (ve zkratce Ph.D.).

V Liberci dne 26. 9. 2018.


Doc. Ing. Ludvík Prášil, CSc.

Prof. Ing. Vojtěch Dýněbyl, Ph. D.
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta strojní, Ú 12113, Ústav konstruování a částí strojů
Technická 4, Praha 6 – Dejvice

Oponentský posudek disertační práce Ing. Pavla SRBA

„Výzkum nízkohustotních kompozitních kompozitních pěn s přírodními vlákny pro návrh výplně automobilových sedaček“

Na základě pověření prof. Dr. Ing. Petra Lendfelda, děkana Fakulty strojní TU Liberec (č. j. TUL-337540/2112), jsem vypracoval tento oponentský posudek na výše uvedenou disertační práci.

Rozbor práce

Práce se skládá ze sedmi kapitol, obsahuje použitou literaturu i seznam vlastních publikací. V úvodu je uvedena motivace práce, kterou je snižování hmotnosti automobilové sedačky při maximálním komfortu cestujících. V kapitole druhé je přehled současného stavu problematiky a to jak z hlediska konstrukce, tak i z hlediska požadavků na testování. Dále je uveden rozbor současných požadavků na mechanické vlastnosti výplňových materiálů.

V třetí kapitole jsou přehledně představeny cíle práce. Hlavním cílem je návrh a realizace funkčního vzorku nízkohustotní kompozitní pěny vyztužené přírodními vlákny pro výplně automobilových sedaček. Toho má být dosaženo stanovením vybraných fyzikálních vlastností vzorků nízkohustotních pěn s přírodními vlákny a provedením konstrukčního návrhu funkčního vzorku výplně automobilové sedačky z tohoto materiálu.

Kapitoly čtyři a pět jsou těžištěm vlastní práce. Kapitola čtvrtá obsahuje stanovení fyzikálních vlastností vzorků nízkohustotních kompozitních pěn s přírodními vlákny. K tomu je přistupováno jednak experimentálními metodami a jednak metodami simulačními (MKP). V páté kapitole je popsán konstrukční návrh a realizace funkčního vzorku výplně automobilové sedačky a jeho experimentální testování.

Závěrečné kapitoly shrnují přínosy práce a dosažené výsledky.

Celkové zhodnocení práce

Konstatuji, že předložená práce je zpracována na výborné odborné úrovni. Práce souvisí s výzkumnou činností Katedry částí a mechanismů strojů a je pokračováním vědecko-výzkumné činnosti v oblasti automobilových sedaček.

Práce obsahuje přehled současného stavu, cíle práce, vlastní řešení a závěr. Tím splňuje formální požadavky na disertační práci.

Vlastní práce autora se opírá o teoretické přístupy s matematickým popisem, které jsou ověřovány experimenty. Další použitou metodou jsou MKP simulace. Použité metody se velmi vhodně prolínají a vytváří věrohodný obraz celého postupu výzkumu.

a) Zhodnocení významu práce pro obor, aktuálnost tématu

Ve vědním oboru „konstrukce strojů a zařízení“ je tato práce přínosem. Problematika snižování hmotnosti automobilů a zvyšování komfortu jejich uživatelů je jednou z hlavních priorit v automobilovém průmyslu. Využití přírodních vláken při výrobě sedaček je velmi nosným tématem.

Téma disertační práce považuji za aktuální.

b) Vyjádření k postupu řešení, metodám a splnění cílů

Idea postupu řešení je logická a systematická. Autor formuluje v úvodu cíle práce, uspořádává je logicky za sebou tak, jak práce musela postupovat, aby byla zachována návaznost činností.

Použité metody zcela odpovídají potřebám provedeného výzkumu a jsou využívány s jistotou, která dokládá vědecké schopnosti autora. Teoretické znalosti a jejich využití je v práci doloženo.

Cíle práce byly splněny v celém rozsahu.

c) Vyjádření k výsledkům a původnosti konkrétního přínosu práce

V práci jsou zcela konkrétní původní výsledky a to jak z oblasti materiálového, experimentálního i simulačního výzkumu.

Výplň PU pěny s přírodními vlákny zlepšila dynamický komfort. Byly vytvořeny pokročilé MKP modely vzorků i celých výplní sedáků. Pro praxi je cenné, že při zachování vlastností čisté PU pěny mají kompozitní pěny vyztužené přírodními vlákny nižší hmotnost.

Dalším výsledkem je modernizace zkušebního zařízení pro testování vzorků i celých výplní.

d) Formální zpracování práce

Také po formální stránce je práce velmi zdařilá. Text je srozumitelný, odkazový aparát na literaturu a obrázky je dostatečný. Obrázky grafy a schéma jsou názorná a dobře čitelná.

e) Hodnocení publikací disertanta

Publikační činnost disertanta je dostatečně obsáhlá. Na stranách 113 a 114 jsou publikace v časopisech a na konferencích, u kterých je disertant jedním z autorů. Je spoluautorem užitého vzoru a čtyř funkčních vzorů nebo prototypů.

Disertant prokázal, že dovede výsledky své vědecké práce publikovat.

f) Dotazy:

- 1) Jak probíhá výroba struktur s přírodními vlákny, jak se volí jejich koncentrace?

g) Závěrečné vyjádření

Na základě výše uvedeného **doporučuji** dle zákona č. 111/1998 Sb. §47 disertační práci Ing. Pavla Srba k obhajobě a po úspěšné obhajobě doporučuji udělit disertantovi akademický titul

„doktor“.

V Praze dne 10. 9. 2018



prof. Ing. Vojtěch Dynybyl, Ph. D.