

## OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

**Název práce:** Optimalizace automatického řízení oxygenace u nezralých novorozenců.  
**Doktorand:** Ing. Leoš Tejkl  
**Obor:** Biomedicínská a klinická technika  
**Pracoviště:** České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra biomedicínské techniky  
**Školitel:** Ing. Jakub Ráfl, Ph.D.  
**Školitel specialista:** doc. Ing. Petr Kudrna, Ph.D.

### Aktuálnost tématu disertační práce

Předložená disertační práce je příspěvkem, který se zabývá problematikou optimalizace automatického řízení oxygenace u nezralých novorozenců. Předložená práce je vysoce aktuální a odráží současný stav klinické praxe, kde je v současné době obtížně dosažitelné optimální dávkování kyslíku. Autor se zabývá optimalizací oxygenace předčasně narozených novorozenců, a to hned v několika jejich oblastech, které mají přímý dopad na kvalitu léčby neonatologického pacienta a tím zvýšení jeho bezpečnosti v průběhu léčby.

### Splnění cílů disertační práce

Disertant si v předložené práci stanovil celkem tři dílčí cíle. Jedná se o návrh a realizaci automatického zpětnovazebního řídicího systému pro operační sály, který by zautomatizoval oxygenaci novorozence, jenž potřebuje okamžitou kyslíkovou podporu. Tento systém byl realizován ověřen na matematickém a následně animálním modelu. Dále je v předložené práci řešena problematika zpoždění distribuce kyslíku k novorozenci. Autor předložené práce navrhnul a otestoval systém, který prokazatelně toto časové zpoždění zkrátí. Poslední část předložené práce se zabývá problematikou dynamické přeměny fetálního hemoglobinu a hemoglobin dospělý. Za tímto účelem byla z dostupné literatury vytvořena matematická funkce, která tuto dynamickou změnu popisuje. Po prostudování předložené práce mohu konstatovat, že stanovené cíle byly splněny a řádně ověřeny.

### Zvolené metody a postupy měření

Předložená disertační práce respektuje obvyklé metody návrhu a realizace vědeckého experimentu včetně následné analýzy měřených výsledků. Hlavním tématem předložené práce je optimalizace oxygenace u nedonošených novorozenců, zejména její automatizace pomocí zpětnovazebního řízení. Za tímto účelem

disertant provedl důkladnou rešerši podobných studií, rešerši řídicích algoritmů pro oxygenaci novorozenců a také rešerši metod pro testování a validaci automatických zpětnovazebních řídicích algoritmů. Nabyté znalosti vhodně využil k dosažení všech dílčích cílů disertační práce. V prvních dvou případech se jedná o návrh a realizaci HW a SW prostředků, které byly ověřeny na simulačních datech či pomocí animálních testů. V případě třetího dílčího cíle se jedná o matematický popis přeměny HbF na HbA, který vychází z důkladné rešerše podobných matematických modelů.

### Výsledky disertační práce a konkrétní přínosy disertanta

Autor si v práci vytýčil několik cílů:

- **Návrh a realizaci automatického zpětnovazebního řídicího systému pro operační sály** – disertant realizoval HW a SW řešení, které umožní implementaci navrženého řídicího algoritmu. Navržený systém je ověřen v několika postupných krocích od simulovaných vstupních dat až po ověření na animálním modelu králíka. Vzniká tak první funkční experimentální prototyp systému, pro automatizované dávkování kyslíku pro předčasně narozené novorozence. Systém v porovnání se současnými postupy skýtá řadu výhod a bude nadále rozvíjen.
- **Návrh, realizace a ověření systému pro zkrácení časového zpoždění distribuce O<sub>2</sub> k pacientovi** – disertant realizoval prototypové zařízení, které laboratorně ověřil. Navržený a realizovaný systém prokazatelně zkracuje dobu distribuce kyslíku k pacientovi. Technické řešení je chráněno užitným vzorem číslo 35063.
- **Vytvoření matematické funkce popisující dynamickou přeměnu poměru hemoglobinů u předčasně narozených novorozenců** – disertant provedl důkladnou rešerši publikovaných modelů a na základě jejich analýzy dochází k závěru, že je nutné realizovat klinickou studii, která by shromáždila dostatek potřebných údajů na základě, kterých by mohla být stanovena matematická 3D funkce, která by vedla ke zpřesnění modelů pro automatické zpětnovazební řídicí systémy. Za tímto účelem byl zpracován výzkumný návrh a v roce 2023 zahájen sběr potřebných dat na Neonatologickém oddělení s JIRP, Gynekologicko-porodnické kliniky ve VFN v Praze.

Součástí předložené práce je vždy důkladný popis všech experimentů, včetně podrobného popisu metodiky měření a zpracování získaných dat. Přílohou předkládané práce jsou také skripty a funkce pro zpracování a vyhodnocení měřených dat. Součástí předložené práce je rozsáhlá diskuse měřených parametrů, kde disertant vhodně analyzuje dosažené výsledky ve srovnání s jinými podobnými studii a uvádí možné zdroje nepřesností či náměty na doplnění dalšího výzkumu.

Kromě užitného vzoru číslo 35063 byly dílčí výsledky disertační práce publikovány v rámci jednoho konferenčního příspěvku a celkem pěti impaktovaných zahraničních publikacích z nichž u tří publikací je disertant prvním autorem.

### Význam pro praxi a rozvoj programu Biomedicínská a klinická technika

Předložená práce se zabývá optimalizací oxygenace nedonošených novorozenců ve třech hlavních směrech. Mohu konstatovat, že dosažené výsledky ve všech směrech přispějí ke zvýšení kvality poskytované péče a snížení nežádoucích účinků souvisejících s aplikací kyslíku u neonatologických pacientů. V závěru práce autor nastínil možnosti dalšího rozvoje této problematiky což svědčí o jeho přehledu v řešené problematice a možnosti dalšího rozvoje daného oboru.

## Formální úprava a jazyková úroveň disertační práce

Po formální stránce je předložená práce na velmi dobré úrovni. Předložená disertační práce obsahuje celkem 116 číslovaných stran textu v českém jazyce včetně příloh a použité literatury. Obrázky a tabulky jsou komentovány v textu. Struktura práce a návaznost jednotlivých kapitol je logická a přehledná. Autor v práci použil adekvátní literární zdroje (je citováno celkem 103 původních prací), které mají vždy vztah k řešené problematice. Autor čerpal především ze zahraničních zdrojů, převážná většina prací je aktuálních.

## Připomínky a závěrečné zhodnocení disertační práce

Předložená disertační práce pana Ing. Leoše Tejkl je zpracována na požadované odborné úrovni. V rámci obhajoby disertační práce by bylo vhodné, aby se doktorand vyjádřil k následujícím dotazům:

- V předložené práci uvádíte široký výčet parametrů, které byly měřeny při experimentech na animálním modelu řadou přístrojů od různých výrobců. Jakým způsobem byla při tomto experimentálním měření zajištěna synchronizace dat z těchto zařízení?
- Ve své práci popisujete prototyp zařízení pro zkrácení zpoždění distribuce kyslíku k pacientovi, který je chráněn užitným vzorem. Existuje nějaká spolupráce s komerčním subjektem, který by využíval toto technické řešení a implementoval jej do komerčního zdravotnické prostředku?

Autor prokázal při realizaci práce schopnost tvůrčí vědecké práce a komplexního pohledu na řešenou problematiku automatického řízení oxygenace u nezralých novorozenců. Disertant tak splňuje podmínky Zákona č 111/1998 Sb., §47, odst. 4. (Zákon o vysokých školách) pro doktorské disertační práce ve znění pozdějších předpisů, a proto předloženou práci

**~doporučuji k obhajobě~**

před Komisí pro obhajoby doktorských disertačních prací v oboru Biomedicínská a klinická technika.

V Ostravě, dne 30.5.2023

*prof. Ing. Martin Augustynek, Ph.D.*  
VŠB – Technická univerzita Ostrava