|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  **ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У НОВОМ САДУ** |  |

Андреј Личанин

**Клик механизам диптара**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2021

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Редни број, **РБР**: | |  | |
| Идентификациони број, **ИБР**: | |  | |
| Тип документације, **ТД**: | | Монографска документација | |
| Тип записа, **ТЗ**: | | Текстуални штампани материјал | |
| Врста рада, **ВР**: | | Дипломски – мастер рад | |
| Аутор, **АУ**: | | **Андреј Личанин** | |
| Ментор, **МН**: | | **професор доктор Звонко Ракарић** | |
| Наслов рада, **НР**: | | **Клик механизам диптара** | |
| Језик публикације, **ЈП**: | | Српски / латиница | |
| Језик извода, **ЈИ**: | | Српски | |
| Земља публиковања, **ЗП**: | | Република Србија | |
| Уже географско подручје, **УГП**: | | Војводина | |
| Година, **ГО**: | | **2021** | |
| Издавач, **ИЗ**: | | Ауторски репринт | |
| Место и адреса, **МА**: | | Нови Сад; трг Доситеја Обрадовића 6 | |
| Физички опис рада, **ФО**: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога) | | **<уписати статистику>** | |
| Научна област, **НО**: | | Електротехника и рачунарство | |
| Научна дисциплина, **НД**: | | Рачунарска техника | |
| Предметна одредница/Кqучне речи, **ПО**: | | **<кључне речи>** | |
| **УДК** | |  | |
| Чува се, **ЧУ**: | | У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад | |
| Важна напомена, **ВН**: | |  | |
| Извод, **ИЗ**: | | **<кратак садржај рада>** | |
| Датум прихватања теме, **ДП**: | |  | |
| Датум одбране, **ДО**: | |  | |
| Чланови комисије, **КО**: | Председник: | **<име председника комисије>** |
|  | Члан: | **<име члана комисије>** | Потпис ментора |
|  | Члан, ментор: | **<име ментора>** |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Accession number, **ANO**: | |  | |
| Identification number, **INO**: | |  | |
| Document type, **DT**: | | Monographic publication | |
| Type of record, **TR**: | | Textual printed material | |
| Contents code, **CC**: | | Master Thesis | |
| Author, **AU**: | | **<ime autora>** | |
| Mentor, **MN**: | | **<ime mentora, sa oznakom titule PhD>** | |
| Title, **TI**: | | **<naslov rada, na engleskom jeziku>** | |
| Language of text, **LT**: | | Serbian | |
| Language of abstract, **LA**: | | Serbian | |
| Country of publication, **CP**: | | Republic of Serbia | |
| Locality of publication, **LP**: | | Vojvodina | |
| Publication year, **PY**: | | **<godina odbrane>** | |
| Publisher, **PB**: | | Author’s reprint | |
| Publication place, **PP**: | | Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6 | |
| Physical description, **PD**: (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes) | | **<upisati statistiku>** | |
| Scientific field, **SF**: | | Electrical Engineering | |
| Scientific discipline, **SD**: | | Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems | |
| Subject/Key words, **S**/**KW**: | | **<ključne reči, na engleskom jeziku>** | |
| **UC** | |  | |
| Holding data, **HD**: | | The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia | |
| Note, **N**: | |  | |
| Abstract, **AB**: | | **<kratak sadržaj rada, na engleskom jeziku>** | |
| Accepted by the Scientific Board on, **ASB**: | |  | |
| Defended on, **DE**: | |  | |
| Defended Board, **DB**: | President: | **<ime predsednika komisije>** |
|  | Member: | **<ime člana komisije>** | Menthor's sign |
|  | Member, Mentor: | **<ime mentora>** |  |

**Zahvalnost**

< Na ovo mesto treba ubaciti zahvalnicu, ukoliko postoji >

**Sadržaj**

[1. Klik mehanizmi 1](#_Toc77620641)

[2. Bio mimikrija 2](#_Toc77620642)

[3. Mikro letelice 3](#_Toc77620643)

[4. Mehanizam leta diptera 4](#_Toc77620644)

[4.1 Anatomija diptera (kućna muva) 5](#_Toc77620645)

[4.2 Mehanizam leta 6](#_Toc77620646)

[4.3 Mehanizam pokretanja letećih mišića 8](#_Toc77620647)

[4.4 Kontrola leta 8](#_Toc77620648)

[5. Model klik mehanizma 9](#_Toc77620649)

[6. Rešavanje modela 10](#_Toc77620650)

[7. Analiza 11](#_Toc77620651)

[8. Zaključak 12](#_Toc77620652)

[9. Literatura 13](#_Toc77620653)

**Spisak slika**

**No table of figures entries found.**

**Spisak tabela**

**No table of figures entries found.**

**Skraćenice**

**FPGA** - *Field Programming Gate Array*, Programabilne sekvencijalne mreže

**CPU** - *Central Processor Unit*, Centralni procesoor

**GND** - Oznaka za signal na nultom potencijalu

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1) |

# Klik mehanizmi

# Bio mimikrija

# Mikro letelice

# Analiza letenja

Dipteri su česta vrsta u svim većini zemaljskih biosfera i do sada je otkriveno oko više od 150 000 vrsta. Smatra se da su pored pčela najbitniji insketi koji pomažu razmonžavanje biljaka oprašivanjem. Pripadaju supergrupi Endopterigota, tj insekata koje u svom životnom ciklusu imaju radikalne morfološke promene, što se može primetiti kada se porede larve i odrasle jedinke. Interesantna razlika kod diptara u odnosu da druge leteće vrste je to da su za let razvile specifične dodatke , umesto da krila budu nakačena na već postojeće ruke kao kod ostalih

Let je evoluirao tačno četri puta u nama vidljivoj istoriji.života.Kod pterosaura, ptica, letećih miševa i insekata. Svaki put kada je evoluirao proizveo je veliki spektar raznih vrsta. Let je jako koristan i jeftin vid kretanja koji omogućava vrstama koje ga imaju da razvijaju jedinstvene niše u načinu nalaženja hrane, migracije i pronalaženja partenra za reprodukciju. U ovom radu se fokusiramo na insekte iz roda Diptera ( dvokrilci, muve ).

|  |
| --- |
| Slika 4.1Vrste koje su evoluirale letenje |

## Anatomija diptera (kućna muva)

Telo diptere se deli na glavu, toraks i abdomen. Na glavi se nalaze oči, antena i usta za hranjenje.Na toraksu su krila, halteri i noge. Abdomen nosi organe za varenje i reprodukciju.

Diptare imaju specijalizovane organe zvane halteri ili balanseri, koji služe kao ugrađeni giroskopi kojima one mere svoju poziciju i orijentaciju u prostoru. One osciluju velikom frekvencijom zajedno sa krilima, skupljaju informacije i šalju direktno mišićima koji kontrolišu krila. Jedinke kojima je ovaj organ odstranjen ne mogu da lete. Ovaj sistem im je omogućio da budu jedni on najboljiš letača u životninjskom carstvu.

|  |
| --- |
| Slika 4.2 Anatomija muve (CeCe i obična kućna)  Glava muve je opremljena sa dva velika kompozitna oka, koje imaju različite podele na ćelije oka zavino od vrste do vrste. Poseduju još dva očna organa na vrhu glave ali dosada nije ustanovljeno za šta se koriste. Pored očiju na glavi se nalazi i par antena kojima muva detektuje miris i ukus. Usta su specijalizovana za penetraciju i sisanje  Diptare poseduju jedan par krila i jedan par haltera sa obe strane toraksa, koje imaju specijalizovane mišiće i nervni sistem što im omogućuje da budu veoma okretni tokom leta.  Za kretanje po krutim površinama muve koriste tri para segmetnisanih nogu. Abdomen je segmentisan različito zavisno od vrste. Uglavnom je podeljen na 8-10 segmenata, gde zadnja dva služe za reprodukciju, a ostatak je sistem za varenje. |

## Mehanizam leta

### Rana ispitivanja

Da bi bilo koji objekat mogao da leti potrebne su da se reše tri ključne stvari. Način na koji će proizvesti dovoljnu podizajnu silu, sistem koji će ga održati u vazduhu i mehanizam kojim će kontrolisati kretanje dok leti. Prvo će se posmatrati kako se generišu sile koje muvama omogućuju let. Ako se posmatra poprečni presek krila **S** može se uočiti da krilo napada vazduh (fluid) pod nekim uglom . Ako se krilo kreće nekom brzinom **U,** može se zapaziti da krilo generiše silu koja je upravna na površinu krila. Ta sila se dalje može razložiti na dve sile, Uzgon koji je normalan na vektor brzine krila i paralelnu silu koja predstavlja otpor sredine kretanju.

|  |
| --- |
| Slika 4.3 Prikaz krila muve i sila koje deluju na nju  Drugi Njutnov zakon kaze da je promena u količini kretanja jednaka sili koja deluje na to telo. Ako posmatramo gornji sistem sa strane fluida mogu se izvesti jednačine za silu. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2.1) |

Gde je  - Gustina fluida. Ova jednačina se drugačije može napisati kao:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2.2) |

Gde je CF  - Koeficjent sile.

Ovaj koeficjent govori koliko je bilo koje krilo dobro u smislu stvaranja Uzgona, tj. koliko dobro smiče vazduh ka dole. Dalje se ova formula može raložiti na svoje komponente koje odgovaraju sili uzgona (eng. *lift*) i sili otpora (eng. *drag*)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2.3) |

Koeficjent uzgona i otpora se ispituje u vazdušnom tunelu tako što se krilo izloži kontrolisanom toku vazduha (kome se nekada dodaju boje radi vizualizacije), pa se onda varira ugao napada I preko senzora se meri sila uzgona I otpora.

|  |
| --- |
| Slika 4.4 Ispitivanje u vadušnom tunelu |

Ova merenja se mogu predstaviti grafički i bolje sagledati kako se krilo ponaša. Praksa je da se vrednosti koefcijenata predstavi jedan u odnosu na drugi za raličite vrednosti napada. Ovako se dobija nova kriva koja se zove Aerodinamička polara. Ova kriva je veoma korisna u analizi letelica.

|  |
| --- |
| Slika 4.5 Grafički prikazi koeficjenata |

Da bi se razmula mehanika letenja kod muva neophodno je uvesti jos jedan koncept. Ako ubacimo ravno krilo u fluid koji teče, i nagnemo ga malo, čestice koje se kreću na gornjem delu krila će se kretati brže nego čestice koje su ispod krila. Ovo stvara razliku pritiska i silu potiska nagore. Ovo se drugačije može zamisliti kao cirkulacija fluida oko krila.

|  |
| --- |
| Slika 4.6 Cirkulacija vazduha oko krila |

Kutta-Jukovski Teorema. Jedna od najbitnih u aerodinamici.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2.4) |

Gde je:

*  gustina fluida
* brzina toka
*  Cirkulacija
*  potisak po razmaku krila

Bilo koja sila potiska bilo kog poprečnog dela krila je proporcijalna cirkulaciji brzini i gustini fluida.

U 1960 I 1970 godinama, naučnici su imali prvi put pristupak kamerama koje mogu da snimaju velikom brzinom (veliki broj slika u sekundi). Neki naučnici su dobili ideju da snimaju let muve ne bi li odgonetnuli tajnu njenog leta.

Torkel Weis-Fogh (1922-1975) je radio ovakvu vrstu merenja ne bi li došao do odgovora. On je uradio sledeću vežbu.

|  |
| --- |
| Slika 4.7 Kvazistatička analiza muve brzom kamerom |

Ako se krilo snimi u određenom položaju ( ponoću brze kamere), mogue će izvući sve podatke preko kojih se računa potisna sila 4.2.3.1. Ovo je moguće uraditi u mnogo položaja duž krila i rezultat se sumira. Suma ovih sila bi trebala da bude veća ili jednaka težini tela muve.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2.5) |

|  |
| --- |
| Slika 4.8 Aerodinamičke polare rezultata kvazistatičke analize |

Kada je ova vežba sprovedena na mnogo više insekata, učenik Torkela, Čarli Elington (1952-2019.) je obradio podatke za vise insekata I grafički predstavio sve areodinamičke polare insekata I došao do zaključka da insekti ne bi mogli da polete, jer njihova krila ne generišu dovoljno veliku silu uzgona.

### Areodinamičko skaliranje i realni rezultati

Bilo koji objekat u fluidu uvek trpi dve sile, Inerciju I viskozne sile. Inercija se može objasniti kao čisto mehaničko dejstvo izmedju molekula fluida cvrstog tela, njihovi sudari i razmene enrgije. Ove sile su posledica cinjenice da fluid ima nekakvu gustinu.

Viskozne sile su posledice interakcije molekula fluida sa drugim molekulima fluida. Ovo se može videti kao osbonia lepljivosti fluida. Med mnogo sporije teče od vode. Odnos ovih sila je veoma bitan bezdimenzioni broj koji se naziva Rejnoldsov broj i označava sa Re.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2.6) |

Gde je  viskoznost.

Ukazalo se tokom raznih eksperimenata da ako je Rejnoldsov broj isti onda je ponašanje sila za bilo koji problem sa tim brojem isti. Ovo je bitno zasto sto nam pokazuje kako da obavimo eksperimente na umanjenim modelima fizičkih objekata a da dobijemo iste rezultate kao da radimo ispitivanje nad objekitma koje imaju prave dimenzije.

Primer za ovo bi bio, da se može napraviti maketa aviona koja je 100 puta manji i ispitivati kako se fluid ponaša recimo u vazdušnom tunelu. Jedina bitna stavka je da se podesi viskoznost ili gustina vazduha tako da je Rejnoldsov broj isti kao i kod velike letelice. Ovaj princip se naziva dinamičko skaliranje i naučnici širom sveta ga koriste u raznim ispitivanjima, od zgrada, mašina pa do živih organizama.

|  |
| --- |
| Slika . Ispitivanja aerodinamičkim skaliranjem |

Pošto su insekti veoma mali, lakše je napraviti veći model njihovih krila i vršiti ispitivanje na tim modelima. Primer jednog takvog eksperimenta je jednostavan komadić materijala koji brzo osciluje iz jednog položaja u drugi, potopljen u ulje da bi se dobio dobar Rejnoldsvo broj. Eksperimen su izvršili Dickenson I Götz. 1993.

|  |
| --- |
| Slika . Šema eksperimenta i snimak |

Na snimku se jasno vidi da krilce formira vrtloge kako se kreće kroz fluid. Ovaj eksperiment je doveo do zaključka da sila uzgona ima veliku zavisnost od ugla napda krila i formiranje vrtloga. Posto se vrtlog formira na glavnoj ivice krila, tako je i nazvan, **vrlog vodeće ivice**.

|  |
| --- |
| Slika 4.11 Uticaj ugla napda na silu uzgona |

Na graficima se vide vremena, rano i kasno, koje ukazuju na uticaj vrtloga na potisnu silu samog krila. Aerodinamička polara ranog vrtloga jasno stavlja krilo u zonu u kojoj može da generiše dovoljno veliku silu da podigne insekta u vazduh.

|  |
| --- |
| Slika . Noviji eksperimenti. |

Od tog eksperimenta, napravljeni su mnogo veći i tačniji modeli krila i fluida, što je omogućilo bolje vizualizacije fluida i krila.

|  |
| --- |
| Slika . Kompijuterska vizuelziacija leta pčele (Kristina Poelma i Sean Humbert) |

Ovi eksperimenti su pokazali da insekti generišu ove vrtloge tako što zamahnu u jednom pravcu, rotiraju krilo I onda zamahnu u drugom pravcu. Od tada do danas ova vrsta generisanja pogona je pronađena i u drugim vrstama životinja kao što su laste, slepi miševi, neke vrste riba, pa čak i kod nekih biljaka. Izgleda da je ovo čest mehanizm koji evolucija koristi da bi organizmi leteli.

Razjašnjeno je i zašto je ovo bilo tako teško otkriti. Krilo insekata se ne kreće kao krilo aviona. Ono vrši rotaciju kroz vazduh a ne transalciju, što ima veliki uticaj na formiranje i trajanje vrtloga.

|  |
| --- |
| Slika . Translacija i rotacija krila i uticaj na vrtloge |

Kada se vrtlog formira pri translaciji, on se mnogo brže odlepi od krila nego kada se krilo kreće rotacijom kao kod helikoptera. U tom slučaku vrtlog mongo duže ostane prilepljen uz krilo. Insekti oponašaju tu rotaciju, samo nisu u stanju da je urade u kompletu oko centralne telesne ose. Oni zamahnu krilom u jednu stranu, rotiraju I zamahnu na drugu stranu. Ovo se može videti na slici 4.13.

Ovaj mehanizam kretanja dovodi do još nekoliko efekata koji pomažu letu.

Generisanje vrtloga je najizraženije sredini zamaha krila sa jedne strane na drugu, ne nalazi se samo na gornjoj ivici nego i na donjoj.

|  |
| --- |
| Slika . Dodatni efekti letenja |

Još jedan intersantan aerodinamički fenomej ne rotacioni uzgon. Pošto krilo mora da se rotira da be krenulo da se kreće nazad, ono menja ugao napada u smer vrtloga i pojačava njegovo dejstvo.

Kada promeni rotaciju skroz, cirkulacija gornjeg vrtloga gura vazduh na donji deo krila u suprotnom smeru, pomžući formiranje vrtloga na donjoj ivici krila time pojačavajući uzdiznu silu. Ovo funkcioniše kao mehanizam zarbljavanje dela energije iz jednog zamaha i iskorišćavanje u drugom.

Ovi dodatni efekti su jako izraženi kod insekata koji imaju kratak zamah krila i veliki ugao napada, kao kod medonosne pčele.

Sada kad je razjasnjen mehanizam krila muve i uticaj vazduha na njega, može se pristupiti unutrašnjoj analizi generisanja pokretačih sila, kao i način na koji se taj mehanizam kontroliše.

## Mehanizam pokretanja letećih mišića

## Kontrola leta

# Model klik mehanizma

# Rešavanje modela

# Analiza

# Zaključak

# Literatura

1. Vladimir Kovačević: *Logičko projektovanje računarskih sistema I –projektovanje digitalnih sistema*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2001