

SUMMARY

This thesis offers a comprehensive exploration of the design and development process for a De Laval nozzle, specifically tailored for Short Range Air Defense (SHORAD) missiles. Initiated with a clearly defined use case, the study systematically progressed through several critical stages, culminating in an insightful analysis of manufacturing considerations for a carbon filament nozzle.

The research began with the establishment of performance parameters based on the operational requirements of SHORAD missiles. The selection of the appropriate propellant informed the subsequent calculations using NASA's Chemical Equilibrium with Applications (CEA) software, which was instrumental in determining vital nozzle characteristics like specific impulse (I_{SP}), theoretical temperature profiles, and expansion ratio. This foundational work led to the preliminary design of the nozzle contour.

Through aerodynamic simulations in ANSYS Fluent, the nozzle design underwent optimization to enhance performance and efficiency. Following this, the study moved into the material selection phase, where carbon filament was chosen for its superior thermal and structural qualities. The creation of a 3D model and subsequent structural analysis in SolidWORKS ensured the design's feasibility under operational stress conditions.

In the final chapter, manufacturing considerations were thoroughly addressed. This included detailing the manufacturing process for the carbon filament nozzle, highlighting potential challenges, proposing solutions, and conducting a cost analysis. This comprehensive discussion underscored the practicalities of transitioning the nozzle design from theory to production.

While the thesis successfully achieves its objectives in design and optimization, it also acknowledges the necessity of prototype production and physical testing to finetune and verify the design. The creation and testing of a physical prototype represent crucial next steps in validating and refining the theoretical models and simulations. This process is essential for ensuring that the nozzle performs as expected in real-world conditions, and it opens up opportunities for iterative improvements based on empirical data.

In summary, this thesis navigates the complex journey from conceptualization to manufacturing considerations in missile nozzle design for SHORAD systems. It blends theoretical research with practical analysis, setting the stage for future endeavours in prototype production and physical testing. While the main body of the thesis provides a detailed narrative of each development stage, this summary offers a concise overview,

encapsulating the research objectives, methodology, and significant findings, and highlights the path forward for achieving a fully verified nozzle design.

KOKKUVÕTE

Käesolev bakalaureusetöö annab põhjaliku ülevaate De Laval düüsi disaini- ja analüüsiprotsessist lühimaa-õhutorjoraketi näitel. Töö eesmärgiks on jõuda läbi erinevate arendusetappide disainini, mis oleks vastavuses algselt püstitatud nõuetega, võttes aluseks konkreetse kasutusjuhtumi.

Bakalaureusetöö algab jõudlusparameetrite välja selgitamisest algselt seatud operatiivnõuete alusel. Seejärel valitakse sobiv kütus, mis eeldatavalt täidaks eelnimetatud nõudeid. Kasutades NASA CEA programmi, arvutatakse kütuse omaduste põhjal düüsi parameetrid, nagu eriimpulss (I_{SP}), temperatuuriprofiil, ja gaasi paisumissuhe. Antud parameetrite alusel luuakse esmane düüsi disain.

Kontrollimaks düüsi jõudlusparameetrite paikapidavust läbib esmane disain volavusanalüüsi ANSYS Fluent tarkvaraga. Olles optimeerinud düüsi disaini nõuetekohaseks, analüüsitakse võimalikke materiale, mis vastaks antud detaili ekstreemsetele töötingimustele. Seejärel luuakse valitud materjali (süsinikkiud) parameetrite alusel 3D mudel SolidWORKS tarkvaraga ning sooritatakse FEA analüüs, et verifitseerida loodud mudeli vastupidavust.

Töö lõpeb tootmisprotsessi- ja kuluanalüüsiga, uurides kuluefektiivseid meetodeid detaili tootmiseks kasutades olemasolevaid protsesse. Samuti arutatakse võimalikke tootmisel tekkivaid probleeme, ning viise kuidas antud riske maandada.

Bakalaureusetöö täidab eelseatud eesmärgid, kuid ei jäta märkimata, et töö skoop sisaldab vaid esialgse disaini loomist – düüsi lõplik arendus eeldab loodud disaini kontrolli ning täiendavat optimeerimist läbi prototüübi korduva testimise. Lisaks võib käesoleva kasutusjuhtumi korral disainis muudatusi tekkida raketi muude komponentide disaini või operatiivnõuete muutuse tõttu.

Kokkuvõttes käesolev bakalaureusetöö näitlikustab ilmekalt lühimaa-õhutorjoraketi düüsi arendusprotsessi esialgsetes nõuete seadmistest kuni tootmiseni. Sisukalt käsitletakse töö aluseks olevaid teoreetilisi printsiipe kui ka praktilisi meetodeid antud detaili disainiks ning analüüsiks, moodustades põhjaliku eeltöö lõpliku disaini loomiseks.