

Lõputöö eesmärk sai täidetud, mille tulemusena projekteeriti ja toodeti 3D-prinditud soojusvaheti, mille mass on langenud 0,24 kg võrreldes FEST19 lahendusega, ehk soojusvaheti on ligikaudu kaks korda kergem. Kogu protsessi käigus säilitati siiski nõutud jahutusvõimsus sama temperatuurivahe juures. Arvutuslikult on see isegi kuni 500 W suurem.

Üleelmise hooaja võistlusauto FEST19 3D-prinditud soojusvaheti andis antud lõputöö jaoks lähteparameetrid. Selle järgi oli mõistlik projekteerida kaks soojusvahetit, kuna üldist jahutussüsteemi konfiguratsiooni muutmist ei peetud vajalikuks. Lisaks sellele olid eelmiste hooegade võistlustingimused andnud piisavalt tagasisidet, et teada, kui suurt jahutusvõimsust vaja on. Temperatuuriandurite ja mõõdetud jahutusvedeliku vooluhulga põhjal sai arvutada nõutud jahutusvõimsuse, milleks oli 1450 W. See võeti lõputöö aluseks. Eelmiste soojusvahetite projekteerimise ja tootmisega oli olemas kogemus, et 0,2 mm lähedast seinapaksust on võimalik saavutada printimistehnoloogiga.

Projekteerimist alustati võimalike lahenduste uurimisega kirjandusest. Põhjuseks oli eesmärk leida soojusvahetite parameetrid, mida ei saa 3D-printimisega mõjutada, kuid võimaldavad teha madalama massiga lahendust sellest hoolimata. Seetõttu uuriti põhjalikult erinevate enim-levinute geomeetriaate soojusülekanne parameetrite võimekust. Printimistehnoloogiat kasutades on võimalik teha väga keerulisi ja esmapilgul parendatud struktuure, kuid see ei tähenda, et soojusülekanne sellest suureneks. Lahenduste leidmine suunati tihedalt paigutatud ribide kombineerimisele õhukanalis ja võimaliku maatriksstruktuuri kasutamisele. Veekanalisse seinal asuvaid geomeetriaid, mis takistaks aeglise või seisva vedeliku kihi tekkimise seinäärsesse allasse.

Järgmisena nähti, et soojusvaheti vooliste soojusmahtuvuse suhte äärmusest 1, teise äärmuse 0 lähedale projekteerides on võimalik saavutada pea kaks korda väiksema NTU väärtusega sama soojusvaheti efektiivsus. See tähendab tunduvalt väiksemat soojusülekanne pindala ja kogu mõõtmeid. Võistlusauto jahutussüsteemi projekteerimisel väga oluline. Teise tegurina sooviti kasutada kahe voolise ristivoolamise konfiguratsiooni asemel vastassuunalist voolamist, mis annab kõige kõrgema soojusülekanne efektiivsuse.

Kogutud andmete põhjal sai hakata tegema insenertehnilisi arvutusi, et luua parendatud lahendus. Selle käigus valiti vooliste vooluhulgad, kus jahutusvedeliku oma oli määratud ning õhu vooluhulk arvutati selle maksimaalse soojusmahtuvuse järgi, mis tagaks nõutud jahutusvõimsuse. Projekteerides soojusmahtuvuse suhte 0 lähedale võimaldas kasutada 4 korda väiksemat õhu vooluhulka võrreldes FEST19 lahendusega. Piisava õhu vooluhulga tagamine võistlusautol on olnud alati keeruline, kuna see tähendab aerodünaamikas

Tagamaks ühtlast vedeliku jagunemist kanalite vahel tehti vee voolavuse analüüs soojusvaheti paagis. Selleks tehti eraldi analüüsimudel ning paaki loodi vaheseintest geomeetria, mis olid paigutatud üksteisest ühtlaselt muutuva sammuga vastavalt paagi kuju jälgima. Lisaks oli iga järgmine vaheseinte rida nihkes eelmisest, mis tekitas olukorra, kus iga järgnev vahesein jagas voolu kaheks, kuni aina väiksemaks ja vedelik jagunes kanalite vahel võrdselt ära.

Viimase analüüsina tegi vormeli meeskonna aerodünaamikainsener analüüsi, kus kontrolliti õhuvooluhulka läbi soojusvaheti. Tulemuseks saadi $0,06 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$. Kuid projekteeritud lahenduse valideerimiseks teostati katse, kus kasutati vormeli akukasti jahutuseks kasutatud ventilaatorit. Soojusvaheti kärje eest mõõdetud õhuvoolu kiirus ja selle kaudu arvatud massivooluhulk andis tulemuseks $0,07 - 0,075 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$. See tagab arvutuste kohaselt piisava jahutusvõimsuse ning töös käsitletud lahendusest sai teha lõplikku CAD-mudeli.

Üldiseks seinapaksuseks soojusvahetil jäi $0,15 \text{ mm}$ ning ribad tehti paksusega $0,05 \text{ mm}$, et saavutada võimalikult ligilähedane tulemus minimaalsele võimalikule $0,2 \text{ mm}$ -le. Lõplikeks jahutuskärje mõõtudeks sai $147 \times 80 \times 24 \text{ mm}$ ning kogu soojusvaheti massiks 250 g . Lisaks soojusvaheti massi vähendamisel saavutati kõrvaltulemusena ka võimalus kasutada 130 g väiksema massiga jahutusventilaatorit. Ülekantud soojusühikute hulk NTU suurenes 8 korda ning soojusvaheti efektiivsus tõusis 4 korda.

Käesoleva töö tulemusi saab kasutada tudengivormeli sarja soojusvahetite projekteerimiseks, kus on väga oluline kerge ja väikeste mõõtudega tõhus soojusvaheti. Lisaks on võimalik kohandada tulemusi selleks, et projekteerida elektroonikakomponentide jahutust, kus on vaja veelgi väiksemaid ja efektiivsemaid soojusvaheteid.

Töö autor näeb perspektiivi arendada töös saadud tulemusi edasi. See ei ole kindlasti 3D-printimistehnoloogia maksimaalne võimalik piir ja tehnoloogia arenemine võimaldaks parendada antud lahendust või leida täiesti teistsugune lähenemine. Uurida tuleks faasivahetusega soojusülekandeid ja kuidas oleks võimalik 3D-prinditud poorseid struktuure seal kasutada. See võimaldaks veelgi vähendada soojusvaheti mõõtmeid ja massi.