

ნანოტექნოლოგიები და თანამედროვე ავიამშენებლობა

გელა ოთარაშვილი¹, ზურაბ საბაშვილი², კონსტანტინე ხახანაშვილი³
^{1,2,3}საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 0160,
საქართველო, თბილისი, კოსტავას 77

რეზიუმე: ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ავიაციის განვითარების ახალი დონის მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ ისეთი ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით, როგორც არის ნანოტექნოლოგიები. ამას საფრენი აპარატების განვითარების განსაკუთრებული მოთხოვნები განაპირობებს. თანამედროვე მსოფლიოში ავიაცია სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გლობალურ ეკონომიკაში. ამ კონტექსტში, ნანოტექნოლოგია ხდება ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორი, რომელსაც შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ავიაციის განვითარების მომავალზე. ნანოტექნოლოგია გთავაზობთ უნიკალურ შესაძლებლობებს მასალებისა და კომპონენტების სრულყოფისათვის, რაც იწვევს საფრენი აპარატების ეფექტურობისა და უსაფრთხოების ზრდას. მას ასევე შეუძლია შეამციროს ავიაციის გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედება და უზრუნველყოს ინდუსტრიის უფრო მდგრადი განვითარება. სტატიაში წარმოდგენილია ნანოტექნოლოგიების ავიაციაზე გავლენის მიმოხილვა და ანალიზი, ამ სფეროში მიმდინარე მიღწევებისა და მათი გამოყენების პოტენციური პერსპექტივები. ნანოტექნოლოგია არის მეცნიერებისა და ტექნიკის სფერო, რომელსაც ეხება მასალებისა და სტრუქტურების მართვა ნანომასშტაბურ დონეზე. ასეთი მასშტაბი ნიშნავს, რომ შესასწავლი და შესაქმნელი ობიექტების ზომები ნანომეტრების დიაპაზონშია.

საკვანძო სიტყვები: ნანოტექნოლოგია, ნანოკომპოზიტი, ნანომილაკი, გრაფენი.

ძირითადი ნაწილი

ნანომასალების გამოყენება საავიაციო კონსტრუქციებში მნიშვნელოვანი ფაქტორია ავიაციის ეფექტურობისა და უსაფრთხოების გასაუმჯობესებლად. ნანოკომპოზიტები გამოიყენება მასალების თვისებების გასაუმჯობესებლად, მათ შორის ფართოდ გამოყენება ნახშირბადპლასტიკები. ნანომასალები ხელს უწყობს საავიაციო მასალების სიმტკიცის ზრდას და კუთრი წონის შემცირებას, რაც საშუალებას იძლევა შეიქმნას უფრო მსუბუქი და მტკიცე საფრენი აპარატები. ნანონაწილაკების გამოყენება სტრუქტურულ კომპონენტებში ხელს უწყობს საფრენი აპარატების წონის შემცირებას, რაც იწვევს საწვავის მოხმარებისა და გამონაბოლქვის შემცირებას და აუმჯობესებს გარემოსდაცვით მაჩვენებლებს. ნანოკომპოზიტები ასევე აძლიერებს მასალების მდგრადობას მაღალი ტემპერატურისა და ექსტრემალური პირობების მიმართ, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ტურბინის ძრავებისა და სხვა სისტემებისთვის. ნანოტექნოლოგიის გამოყენება შესაძლებელია თვითწმენდადი ზედაპირების შესაქმნელად,

რომლებიც ამცირებენ ყინულისა და სხვა დამაბინძურებლების ადჰეზიას თვითმფრინავის ზედაპირებზე [1].

არსებობს ნანომასალების მრავალი განსხვავებული ტიპი, რომელთაგან თითოეულს გააჩნია უნიკალური თვისებები. წარმოვადგინოთ მათი რამდენიმე ძირითადი ტიპი და მახასიათებელი:

1. ნანონაწილაკები (ნანოფხვნილები): ეს პატარა ნაწილაკებია, რომელთა ზომა ერთეულებიდან - რამდენიმე ასეულ ნანომეტრამდე მერყეობს. მათი ძირითადი თვისებებია დიდი ზედაპირული აქტივობა, მაღალი რეაქციულობა და სპეციფიკური ოპტიკური თვისებები.

2. ნანოკრისტალები: ეს არის კრისტალური მასალები ნანოსკოპიური სტრუქტურით. მათი თვისებები განსხვავდება უფრო დიდი კრისტალების თვისებებისგან, მათ შორის მექანიკური, ოპტიკური და ელექტრონული მახასიათებლებით.

3. ნანოკომპოზიტები: ეს მასალები შედგება ნანონაწილაკებისა და სხვა მასალების კომბინაციისგან. მაგალითად, ნანომილაკებით გამტკიცებული ნახშირბადის კომპოზიტები გამოირჩევიან განსაკუთრებული სიმტკიცით და სიმსუბუქით.

4. ნანომილაკები: ეს არის ცილინდრული ნანომასშტაბიანი სტრუქტურები, რომლებიც ჩვეულებრივ ნახშირბადისგან მზადდება. სტრუქტურიდან გამომდინარე არიან გამტარები ან ნახევარგამტარები, ხასიათდებიან მაღალი სიმტკიცითა და დრეკადობის მოდულით.

5. ნანოფირები: ნანომეტრული სისქის თხელი ფირები, რომლებიც გამოიყენება ელექტრონიკასა და სენსორებში.

6. კვანტური წერტილები: ეს არის ნანოზომითი ნახევარგამტარული სტრუქტურები, რომლებიც ხშირად გამოიყენება ოპტიკასა და ფოტონიკაში. მათი ოპტიკური თვისებები დამოკიდებულია მათ ზომასა და შემადგენლობაზე.

7. ნანოსითხეები: სითხეები ნანონაწილაკების შემცველობით, რომლებსაც აქვთ შეცვლილი თბოფიზიკური და ელექტრომაგნიტური თვისებები. ისინი გამოიყენება გაგრილების სისტემებში, შეზეთვასა და სხვა მრავალ სფეროში.

ნანომასალები ხასიათდებიან გაუმჯობესებული მექანიკური, ელექტრონული, ოპტიკური და ქიმიური თვისებებით. ისინი ხასიათდებიან მაღალი ზედაპირული აქტივობით, რითაც ისინი აუმჯობესებენ კატალიზისა და სორბციის პროცესებს. თუმცა, ნანომასალებთან მუშაობისას, გასათვალისწინებელია მათი პოტენციური რისკები ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოსთან დაკავშირებით, ასევე დაცული უნდა იქნას შესაბამისი უსაფრთხოების ზომები.

ნანოტექნოლოგია გამოიყენება მასალების შესაქმნელად, რომლებსაც შეუძლიათ შეამცირონ ხმაური და ვიბრაცია თვითმფრინავში, რაც აუმჯობესებს მგზავრობის კომფორტს. ნანოსენსორებით შესაძლებელია მონიტორინგის სისტემების შექმნა, რომლებიც რეალურ დროში დააფიქსირებენ მასალებში დაზიანებისა და ცვეთის პროცესს.

ავტომატიზირებული სისტემებისა და რობოტიზირებული ტექნოლოგიების დანერგვა წარმოებაში აუმჯობესებს წარმოების სიზუსტეს და სიჩქარეს, ამავდროულად ამცირებს შეცდომებისა და დეფექტების ალბათობას. 3D - ბეჭდვით შესაძლებელია შეიქმნას რთული დეტალები და კომპონენტები, რომელთა რეალიზებაც რთულია ტრადიციული მეთოდებით, რაც

თავის მხრივ ზრდის პროექტირების მოქნილობას და ამცირებს ტექნოლოგიური პროცესის დროს. ნანომილაკებისა და სხვა გამამტკიცებელი ნანოსტრუქტურული მასალისგან დამზადებულ კომპოზიტებს გააჩნიათ მაღალი სიმტკიცის, დრეკადობის მოდულისა და მსუბუქი წონის მაჩვენებლები.

ინფუზიური ჩამოსხმის ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა შეიქმნას დიდი ფორმისა და რთული აღნაგობის კომპოზიტური დეტალები, მათ შორის ფრთებისა და სამართავი სისტემების ჩათვლით, რომლებიც მაღალი სიმტკიცითა და მცირე წონით გამოირჩევიან. კომპოზიტების მიღების თანამედროვე მეთოდებისა და მასალების მაღალტემპერატურული დამუშავების შედეგად უმჯობესდება მათი მექანიკური თვისებები, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დიდი დატვირთვებისა და მაღალ ტემპერატურულ რეჟიმში მომუშავე კონსტრუქციებისთვის.

ნანოგამდიდრებული დანაფრების ზედაპირები ჰიდროფობიური თვისებებით ხასიათდებიან, რაც მათ უფრო წყალამრიდ თვისებებს ანიჭებს, ამით ამცირებს ტენიანობის დაგროვებისა და ყინულის წარმოქმნის ალბათობას ისეთ კრიტიკულ ზედაპირებზე, როგორცაა ფრთები და სტაბილიზატორები [1]. დანაფრები ასევე იცავს თვითმფრინავს დამაბინძურებლებისა და ჭვარტლის დაგროვებისგან, ამცირებს რეგულარული წმენდისა და მოვლა-პატრონობის საჭიროებას. ნანოგამდიდრებული დანაფარი ასევე შეიძლება სპეცილურად დაპროექტდეს თვითმფრინავის გასწვივ ჰაერის ნაკადის შესაცვლელად, რათა შემცირდეს წინაღობის ძალები და გაუმჯობესდეს აეროდინამიკური მახასიათებლები.

ნანოტექნოლოგიას ავიაძრავთმშენებლობაში შეუძლია მნიშვნელოვანი უპირატესობა მოიტანოს, განსაკუთრებით მსუბუქი და მძლავრი ტურბორეაქტიული და ტურბოხრაბინიანი ძრავების შემუშავებაში. ნანომასალების გამოყენება, როგორცაა ნახშირბადის ფუძეზე შექმნილი ნანოკომპოზიტები, საშუალებას იძლევა შეიქმნას მაღალი სიმტკიცისა და მცირე წონის მქონე ძრავის კომპონენტები. ეს ამცირებს კონსტრუქციის წონას და ზრდის მათ ეფექტურობას. ძრავის კომპონენტების გაუმჯობესებული მექანიკური თვისებები მიიღწევა ალუმინის, ტიტანისა და ნიკელის ფუძეზე დამზადებული ნანოკომპოზიტების გამოყენებით. ასეთი მასალების გამტკიცების მექანიზმი რამდენიმე ფაქტორზეა დაფუძნებული [2]. პირველ რიგში, ნანონაწილაკები დისლოკაციის მოძრაობის საწინააღმდეგო ეფექტურ ბარიერებს წარმოადგენენ, რაც ოროვანის მექანიზმის მიხედვით მასალების დენადობის ზღვარის ზრდას იწვევს. მეორეც, ნანონაწილაკების მაღალი კუთრი ზედაპირი ხელს უწყობს მატრიცასთან კოჰერენტული და ნახევრად კოჰერენტული საზღვრების ფორმირებას, რაც ზრდის პლასტიკური დეფორმაციისთვის საჭირო ენერგიას. მაგალითად, ალუმინის ოქსიდის (Al_2O_3) ნანონაწილაკების ალუმინის შენადნობებში შეყვანა 20-30%-ით ზრდის სიმტკიცის ზღვარს, ამავდროულად ნარჩუნდება პლასტიკურობა. ეს აიხსნება იმით, რომ 20-50 ნმ ზომის Al_2O_3 ნანონაწილაკები თანაბრად ნაწილდება ალუმინის მატრიცის მარცვლების საზღვრების გასწვრივ, რაც ხელს უშლის მათ ზრდას და მოძრაობას, ამასთან ხელს უშლის დიდი აგლომერატების წარმოქმნას, რომლებიც შეიძლება დამაბულობის კონცენტრაციის წყაროებად იქცნენ.

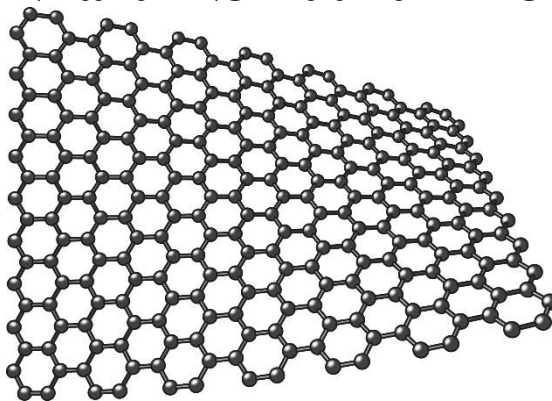
ძრავის კომპონენტების თერმული მდგრადობის ზრდა მიიღწევა ცირკონიუმის ოქსიდზე (ZrO_2) დაფუძნებული ნანოსტრუქტურული თერმობარიერული დანაფარის გამოყენებით [3].

ასეთი დანაფარის ეფექტურობა რამდენიმე ფაქტორითაა განპირობებული. პირველ რიგში, ნანოსტრუქტურულ ZrO_2 -ს მნიშვნელოვნად დაბალი თბოგამტარობა აქვს მიკროსტრუქტურულ ანალოგთან შედარებით, ნანოკრისტალიტების საზღვრებზე ფონონების გაფანტვის ზრდის გამო. მეორეც, ნანოსტრუქტურა ზეპლასტიურობის საშუალებას იძლევა მაღალ ტემპერატურებზე, რაც უზრუნველყოფს თერმული დამაბულობების რელქსაციას და ზრდის თერმოციკლირებისადმი მდგრადობას. გარდა ამისა, დანაფარის სტრუქტურაში ნანოზომითი ფორები ჟანგბადის ეფექტური დამჭერების ფუნქციას ასრულებს, რაც ანელებს დანაფარის ჟანგვით პროცესებს. კვლევები გვიჩვენებს, რომ 100-200 მკმ სისქის ნანოსტრუქტურული თერმობარიერული დანაფარის გამოყენებას შეუძლია ლითონის ტურბინის ნიჩბების საექსპლუატაციო ტემპერატურა 50 - 100°C - ით შეამციროს, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის მათი მუშაობის ვადას, ცოცხადობისა და ჟანგვის პროცესების შენელების ხარჯზე [4].

ასევე დიდ ინტერესს იწვევს გრაფენისა და ნახშირბადის ნანომილაკების გამოყენების შესაძლებლობა საავიაციო მრეწველობაში და მათი პოტენციური საჰაერო ხომალდების მახასიათებლებისა და უსაფრთხოების გასაუმჯობესებლად.

კონსტრუქციების წონის შემცირება ნახშირბადის ნანომილაკებსა და გრაფენზე დაფუძნებული ნანოკომპოზიტების გამოყენებით მიიღწევა ამ ნანომასალების უნიკალური თვისებების წყალობით [5]. ნახშირბადის ნანომილაკებს აქვთ განსაკუთრებით მაღალი სიმტკიცე - წონის თანაფარდობა: მათი კუთრი სიმტკიცე შეიძლება 100 - ჯერ მეტი იყოს, ვიდრე ფოლადის. ეს განპირობებულია ნახშირბადის ატომებს შორის ძლიერი კოვალენტური ბმებით და ნანომილაკების თითქმის სრულყოფილი კრისტალური სტრუქტურით. როდესაც ნახშირბადის ნანომილაკები (ნნმ) შეჰყავთ პოლიმერულ ან ლითონის მატრიცაში, ისინი ეფექტურად აღიქვამენ და ანაწილებენ დატვირთვას მათი მაღალი ასპექტური თანაფარდობის (სიგრძისა და დიამეტრის თანაფარდობა) გამო, რომელმაც შეიძლება 1000 ან მეტს მიაღწიოს [6] [7].

გრაფენი წარმოადგენს ნახშირბადის ორგანოზომილებიან ნანოალოტროპს, რომლის სისქე ერთი ატომით განისაზღვრება და ჰექსაგონალური მესერი გააჩნია. სურ. 1



სურ. 1 გრაფენი

მისი მახასიათებლებია:

სიმტკიცე. როდესაც გრაფენი ორ ფენად იკეცება, მიიღება დიამენი, რომელიც ტყვიის დარტყმასაც კი უძლებს.

მოქნილობა. ეს თვისება განპირობებულია გრაფენის ორგანოზომილებიანი სტრუქტურით; ის უფრო მოქნილია ვიდრე რეზინი.

თბო და ელექტროგამტარობა. მისი თბო და ელექტროგამტარობა სპილენძს 6 - ჯერ აღემატება.

ოპტიკური სისუფთავე. გრაფენი თითქმის უფეროა და 97%-ით გამჭვირვალე, შთანთქავს ხილული სინათლის მხოლოდ 2%-ზე ოდნავ მეტს.

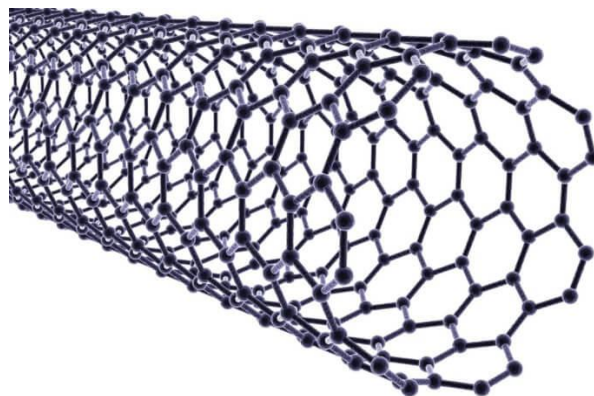
ნახშირბადის ნანომილაკი, (შემოკლებით ნნმ) ნახშირბადის ალოტროპული მოდიფიკაციაა, რომელიც წარმოადგენს ღრუ ცილინდრულ სტრუქტურას, რომლის დიამეტრი 0,4 ნმ - იდან 100 ნმ - მდე, სიგრძე 1 მიკრომეტრიდან 100 მიკრომეტრამდეა და გრაფენის იდეალური ჰექსაგონალური ბადის დახვევის შედეგად მიღებულ გამჭოლ მილაკს წარმოადგენს. ის ფოლადზე 100 - ჯერ მტკიცე და 6 - ჯერ მსუბუქია. სახეობიდან გამომდინარე აქვს როგორც ნახევარგამტარის ასევე ლითონის თვისებები. სურ. 2

ნანოდანამატის სახით გამოყენებული გრაფენი და ნახშირბადის ნანომილაკები მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს საბაზისო მასალის თვისებებს, მათ შორის სიმტკიცეს და ცვეთამდეგობას. ეს ზრდის თვითმფრინავების ოპერატიულ შესაძლებლობებსა და უსაფრთხოებას.

გრაფენსა და ნახშირბადის ნანომილაკებს შეუძლიათ შეამცირონ საჰაერო ხომალდების წონა მათი დაბალი სიმკვრივის, 1.9 გ/სმ³-ის გამო, რაც 1.5-ჯერ ნაკლებია ვიდრე ალუმინის. ეს აუმჯობესებს თვითმფრინავების აეროდინამიკას და მანევრირების უნარს.

გრაფენს აქვს მაღალი ელექტროგამტარობა, რაც ამცირებს თვითმფრინავების მეხით დაზიანების ალბათობას. ეს კი აუმჯობესებს ფრენის უსაფრთხოებას.

თავისი თერმული თვისებებით, გრაფენსა და ნახშირბადის ნანომილაკებს შეუძლიათ თავიდან აიცილონ საფრენი აპარატის ზედაპირის გაყინვა დაბალ ტემპერატურებზე, რაც ასევე მნიშვნელოვანი ფაქტორია ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად.



სურ. 2 ნახშირბადის ნანომილაკი

ნანომასალები ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ გაუმჯობესებული სითბოგადაცემისა და თბოიზოლაციის მქონე ზედაპირების შესაქმნელად, რაც ხელს უწყობს ძრავში წვისა და გაგრილების ეფექტურობის ზრდას. ძრავის ცალკეული კომპონენტების თბოგამტარობის გაუმჯობესება მიიღწევა პოლიმერულ კომპოზიტებში ნახშირბადის ნანომილაკების (ნნმ) დამატებით [8]. გაუმჯობესებული თბოგამტარობა ეფუძნება პოლიმერულ მატრიცაში (ნნმ)-ებით პერკოლაციური ბადის ფორმირებას. კრიტიკული კონცენტრაციის (როგორც წესი, 0.5-2 მოცულობითი%) მიღწევის შემდეგ, (ნნმ)-ები ქმნიან უწყვეტ სითბოგადაცემ გზებს. (ნნმ)-ების ღერძულმა თბოგამტარობამ შეიძლება მიაღწიოს 3000-6000 W/(m·K)-ს, რაც ჯეროვნად აღემატება პოლიმერების თბოგამტარობას (0.1-0.5 W/(m·K)). მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ მაქსიმალური ეფექტისთვის აუცილებელია (ნნმ)-ების თანაბარი განაწილებისა და თბური ნაკადის მიმართულებით მათი ორიენტაციის უზრუნველყოფა, რაც მიიღწევა სპეციალიზებული დისპერგირებისა და ორიენტაციის მეთოდების გამოყენებით.

მინიატურიზებული ნანოსენსორებისა და ნანოელექტრონიკის ინტეგრირებით რეაქტიულ ძრავებში შესაძლებელია მათი მუშაობის მუდმივი მონიტორინგი და კონტროლი, რაც ზრდის მათ საიმედოობას და ამცირებს საწვავის მოხმარებას. გარდა ამისა, ნანომასალების გამოყენება შესაძლებელია უფრო ეფექტური კატალიზატორების შესაქმნელად, რაც აუმჯობესებს წვის პროცესს და ამცირებს მავნე გამონაბოლქვს.

ნანოტექნოლოგია ასევე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ელექტრონიკასა და ავიონიკაში. ის საშუალებას იძლევა შეიქმნას კომპონენტები და სტრუქტურები ნანომასშტაბურ დონეზე, რაც იწვევს ელექტრონული მოწყობილობების მუშაობისა და ფუნქციონალურობის გაუმჯობესებას. ნანოტექნოლოგიის გამოყენებით მცირდება ინტეგრალური სქემების ელემენტთა ზომები, რაც ზრდის ინტეგრაციის სიმკვრივეს და მოწყობილობის მუშაობის სიჩქარეს. ნანომასალებისა და ნანოსტრუქტურების გამოყენება ხელს უწყობს ელექტრონული მოწყობილობების, განსაკუთრებით მობილური მოწყობილობებისა და ელემენტების ენერგომოხმარების შემცირებას.

ნანოტექნოლოგია საშუალებას იძლევა შეიქმნას უნიკალური თვისებების მქონე მასალები, როგორცაა კვანტური წერტილები, რომლებიც აუმჯობესებენ ელექტრონიკის მუშაობას. ასევე შეიქმნას მიკრო და ნანომასშტაბიანი მოწყობილობები, მათ შორის ნანორობოტები, ნანოსენსორები და მაღალხარისხიანი დისპლეები, რაც ხელს შეუწყობს უფრო კომპაქტური და ფუნქციონალური ელექტრონული სისტემების განვითარებას.

საერთო ჯამში, ნანოტექნოლოგიას უზარმაზარი პოტენციალი აქვს თანამედროვე ელექტრონიკის ტრანსფორმაციისთვის. მინიატურიზაცია საშუალებას იძლევა შეიქმნას უფრო მცირე ზომის ელექტრონული კომპონენტები და სისტემები, რაც თავის მხრივ შეამცირებს თვითმფრინავის წონას, საწვავის მოხმარებას და გააუმჯობესებს ფრენის ეფექტურობას. კომპაქტური და მძლავრი ელექტრონული სისტემები უზრუნველყოფს ფრენის უფრო ზუსტ კონტროლს და მონიტორინგს, აუმჯობესებს ავიაციის უსაფრთხოებას. თანამედროვე ნანომასალები და წარმოების ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევა შეიქმნას უფრო საიმედო კომპონენტები, რომლებიც ნაკლებად ექვემდებარება დაზიანებასა და გაუმართაობას.

მინიატურული ელექტრონული სისტემები ხელს უწყობენ თვითმფრინავის სამართავი სისტემების ავტომატიზაციას, ამცირებენ პილოტების სამუშაო დატვირთვას და აუმჯობესებს ფრენის უსაფრთხოებას. გარდა ამისა, ნანოტექნოლოგიისა და მინიატურული სენსორების საშუალებით შესაძლებელია უფრო ზუსტი და სწრაფი ნავიგაციის სისტემების შექმნა, ფრენის დროის შემცირება და მარშრუტის ოპტიმიზაცია.

ნანოკომპოზიტების გამოყენებით უმჯობესდება თვითმფრინავის კონსტრუქციისა და კოსმოსური აპარატების სიმტკიცე და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა.

ნანოტექნოლოგია ასევე საშუალებას იძლევა შეიქმნას უფრო ზუსტი და მგრძობიარე სენსორები და დეტექტორები, რომლებსაც შეუძლიათ თვითმფრინავის მდგომარეობის უწყვეტი მონიტორინგი და პოტენციური პრობლემების შესახებ გაფრთხილება.

თუმცა, რიგ შემთხვევებში ავიაშემნებლობაში ნანოტექნოლოგიების დანერგვა შეშფოთებას იწვევს ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოზე მათი ზემოქმედების კუთხით. შედეგად, საჭიროა დამატებითი კვლევები და შესაბამისი უსაფრთხოების ზომების შემუშავება პოტენციური რისკების მინიმიზაციისთვის.

ასევე ნანოტექნოლოგიის დანერგვა მოითხოვს კვლევისა და წარმოების ხარჯებს, რაც შეიძლება მნიშვნელოვანი ბარიერი იყოს ავიაშემნებლო კომპანიებისთვის, განსაკუთრებით მცირე და საშუალო საწარმოებისთვის. გარდა ამისა, უნდა შემუშავდეს სტანდარტები და რეგულაციები ნანომასალებისა და მათი გამოყენების უსაფრთხოებისა და ხარისხის უზრუნველსაყოფად.

ნანოტექნოლოგიების დანერგვა ავიაშემნებლობაში ბევრ მოსალოდნელ უპირატესობასა და გამოწვევას გვთავაზობს.

ერთ-ერთი მთავარი სარგებელი წარმოების პროდუქტიულობისა და ეფექტურობის გაუმჯობესებაა. ნანოტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ მასალები უნიკალური თვისებებით - მაღალი სიმტკიცით, სიმსუბუქით და ექსტრემალური პირობებისადმი მდგრადობით. ამ მიდგომით შესაძლებელია გავაუმჯობესოთ საჰაერო ხომალდების წარმადობა და ეფექტურობა, გავზარდოთ აეროდინამიკური მახასიათებლები.

გარდა ამისა, ნანოტექნოლოგიის დანერგვას შეუძლია გააუმჯობესოს თვითმფრინავების კონსტრუქციების უსაფრთხოება და საიმედოობა. გაუმჯობესებული მექანიკური და ქიმიური თვისებების მქონე მასალების შექმნა თვითმფრინავებს უფრო მდგრადს ხდის სხვადასხვა ზემოქმედების მიმართ, როგორცაა დარტყმები და კოროზია. ეს ხსნის ახალ ინოვაციურ პერსპექტივებს საავიაციო სისტემებისა და კომპონენტებისთვის.

მომავალში, ავიაშემნებლობაში ნანოტექნოლოგიების კვლევისა და განვითარების საკითხები შეიძლება რამდენიმე ასპექტზე იყოს ორიენტირებული.

I. ეს გულისხმობს ახალი ნანომასალების შემუშავებას გაუმჯობესებული თვისებებით, როგორცაა სიმტკიცე, ექსტრემალური პირობებისადმი მდგრადობა და გაუმჯობესებული აეროდინამიკა. ეს მოიცავს ახალი ნანოკომპოზიტების, ნანოკერამიკის, ნანომილაკებისა და სხვა სტრუქტურების შექმნას.

II. კვლევა შეიძლება ფოკუსირებული იყოს ნანომასალების წარმოების პროცესების გაუმჯობესებაზე და მათ ინტეგრაციაზე საავიაციო კონსტრუქციებში. ეს შეიძლება მოიცავდეს ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებას, როგორცაა ნანოიმპრინტი, ნანოლითოგრაფია და ნანოსკანირება, უფრო ეფექტური და ეკონომიური წარმოების მეთოდების შესაქმნელად.

III. მნიშვნელოვანია ნანომასალების გარემოსთან ურთიერთქმედების შესწავლა პოტენციური რისკების დასადგენად და შესაბამისი უსაფრთხოების ზომების შესამუშავებლად. ასევე აუცილებელია ახალი ფუნქციონალური თვისებების მქონე მასალების შემუშავების გაგრძელება, როგორცაა თვითაღდგენის, თვითწმენდისა და ფორმის შეცვლის უნარი. ეს ახალ შესაძლებლობებს ქმნის ინოვაციური საავიაციო სისტემებისა და კომპონენტების შესაქმნელად.

საჭიროა კვლევების ჩატარება ავიამშენებლობაზე ნანოტექნოლოგიების ეკონომიკურ და სოციალურ გავლენასთან დაკავშირებით. ხარჯებისა და სარგებლის ანალიზი, სამუშაო ადგილებისა და საზოგადოებაზე ზემოქმედების შეფასება, ასევე ნანოტექნოლოგიების ინდუსტრიაში წარმატებითი დანერგვის სტრატეგიების შემუშავება - ყველაფერი ეს მნიშვნელოვანი მომენტებია, რომლებიც შესწავლას საჭიროებს.

საერთო ჯამში, ნანოტექნოლოგიას უზარმაზარი პოტენციალი აქვს ავიამშენებლობის წარმოებაში პროდუქტიულობის, უსაფრთხოებისა და გარემოსდაცვითი მდგრადობის გასაუმჯობესებლად. ასევე მნიშვნელოვანი საკითხია ნანოტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების შემუშავება ავიაციაში ენერგომომხმარებისა და სითბური ეფექტის მქონე აირების გამოყოფის შესამცირებლად.

ყველა ეს კვლევა საშუალებას მისცემს ავიაციის ინდუსტრიას შექმნას უფრო სრულყოფილი და ეკოლოგიურად სუფთა საფრენი აპარატები.

დასკვნა

გრაფენს, ნახშირბადის ნანომილაკებს, ნანოფხვნილებს, ნანოკომპოზიტებსა და ნანოფირებს აქვთ დიდი პოტენციალი ავიაციის ინდუსტრიაში გამოყენებისთვის მათი განსაკუთრებული მექანიკური, თერმული, ელექტრული და ბარიერული თვისებების გამო. ამ ინოვაციურ ნანომასალებს შეუძლიათ მნიშვნელოვნად გააუმჯობესონ საჰაერო ხომალდების მახასიათებლები, გააძლიერონ ფრენის უსაფრთხოება და შეამცირონ საექსპლუატაციო ხარჯები. ამ მასალების შემდგომმა კვლევამ შეიძლება გააფართოვოს მათი გამოყენება ავიაინდუსტრიაში, გაზარდოს ეფექტურობა და ინოვაციურობა.

გამოყენებული ლიტერატურა:

- 1.Грузков С.А. Электрооборудование летательных аппаратов. Учебник для вузов: элементы и системы электрооборудования - Противообледенительные системы на основе использования специальных покрытий и жидкостей. – М. Типография "Новости", 2005, С. 352-362.
- 2.Tjong S. C. Recent progress in the development and properties of novel metal matrix nanocomposites reinforced with carbon nanotubes and graphene nanosheets //Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2013. – Т. 74. – №. 10. – С. 281-350.
- 3.Liu Q., Huang S., He A. Composite ceramics thermal barrier coatings of yttria stabilized zirconia for aero-engines //Journal of materials science & technology. – 2019. – Т. 35. – №. 12. – С. 2814-2823.
- 4.Clarke D. R., Phillpot S. R. Thermal barrier coating materials //Materials today. – 2005. – Т. 8. – №. 6. – С. 22-29.
- 5.Kumar A., Sharma K., Dixit A. R. Carbon nanotube-and graphene-reinforced multiphase polymeric composites: review on their properties and applications //Journal of Materials Science. – 2020. – Т. 55. – №. 7. – С. 2682-2724.
- 6.Беленков Е.А., Ивановская В.В., Ивановский А.Л. Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы. Компьютерное материаловедение. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. ISBN 5–7691–1958–6.
- 7.Riemenschneider J., Mahrholz T., Mosch J., Monner H. P., Melcher J. Carbon nanotubes – Smart material of the future: Experimental investigation of the system response // II ECCOMAS thematic conference on smart structures and materials: Materials and Processes. Lisbon, Portugal, 2005. P. 18–25.
- 8.Han Z., Fina A. Thermal conductivity of carbon nanotubes and their polymer nanocomposites: A review //Progress in polymer science. – 2011. – Т. 36. – №. 7. – С. 914-944.

Nanotechnology and Modern Aircraft Manufacturing

Gela Otarashvili¹, Zurab Sabashvili², Konstantine Khakhanashvili³

^{1, 2, 3} Georgian Technical University,
0160, 77 Kostava Str. Tbilisi, Georgia

Abstract: *The paper highlights that achieving a new level of aviation development is possible only through the use of innovative technologies such as nanotechnology. This necessity arises from the specific demands of aircraft advancement. In today's world, aviation plays a vital role in the global economy. Within this context, nanotechnology emerges as a key factor capable of significantly shaping the future of aviation. Nanotechnology provides unique opportunities for enhancing materials and components, thereby improving aircraft efficiency and safety. It also has the potential to reduce aviation's negative environmental impact and foster more sustainable industry growth. This article presents a review and analysis of nanotechnology's influence on aviation, current achievements in the field, and potential future applications. Nanotechnology is a branch of science and technology concerned with manipulating materials and structures at the nanoscale, where the dimensions of studied and engineered objects fall within the nanometer range.*

Keywords: *nanotechnology, nanocomposite, nanotube, graphene.*