

საჰაერო ხომალდების ძრავებში ფრინველების მოხვედრის თავიდან აცილების მიზნით დამცავი ბადეების შესაქმნელად საექსპლუატაციო პირობების კვლევა და ტექნიკური მოთხოვნების დადგენა

რ. ხაჩიძე, ბ. აბესაძე, ა. მაისურაძე, ვ. კელიხაშვილი

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, ქეთევან დედოფალის გამზ. 16, თბილისი, 0103, საქართველო

ანოტაცია

ნაშრომში განხილულია საჰაერო ხომალდების ტურბორეაქტიული ძრავების ჰაერმიმღებ მოწყობილობაში ფრინველების მოხვედრისაგან დამცავი ბადის დაყენების საკითხები, დადგენილია ტექნიკური მოთხოვნები, რომელთა გათვალისწინებაც აუცილებელია ეფექტური დამცავი ბადის ექსპერიმენტული ნიმუშების დაპროექტებისა და დამზადებისას, დადგენილია მისი პარამეტრების სავარაუდო მნიშვნელობები და დიაპაზონები.

საკვანძო სიტყვები: საჰაერო ხომალდი, ტურბორეაქტიული ძრავა, დამცავი ბადე, ტექნიკური მოთხოვნები.

ძირითადი ნაწილი

მოდრობაში მყოფ საჰაერო ხომალდთან ფრინველების დაჯახებამ შესაძლოა გამოიწვიოს მისი სხვადასხვა ნაწილის დაზიანება, მათ შორის ძრავების მწყობრიდან გამოსვლა ან გაუმართაობა, რაც წარმოადგენს გარკვეულ რისკს ფრენების უსაფრთხოებისათვის და დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ადამიანურ და მატერიალურ დანაკარგებთან.

ზემოაღნიშნულის დასადასტურებლად შესაძლებელია მრავალი ინციდენტის ამსახველი მაგალითის მოყვანა საავიაციო ფრენების ისტორიიდან. ამის ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია ინციდენტი, რომელიც შეემთხვა „Eastern Airlines“-ის საჰაერო ხომალდს (Lockheed L-188). აფრენიდან მალევე მას ბელურების გუნდი შეეჯახა და ოთხივე ძრავა დაუზიანა. თვითმფრინავი ჩამოვარდა და 72 მგზავრიდან მხოლოდ ათი გადარჩა. ასევე განმარტებულია საავიაციო შემთხვევა, რომელიც მოხდა 2009 წელს: “US Airways” -ის საჰაერო ხომალდს Airbus A320 აფრენიდან 3 წუთში 858 მ სიმაღლეზე ბატების გუნდს შეეჯახა, რამაც გამოიწვია თვითმფრინავის ორივე ძრავის გაჩერება. კაპიტანმა წარმატებით განახორციელა ავარიული დაშვება მდინარეზე. 150 მგზავრი და ეკიპაჟის 5 წევრი სასწაულებრივად გადარჩა.

ძრავაში უცხო საგნების მოხვედრის მოვლენებს შორის ფრინველის მოხვედრის პრობლემა უმთავრესი და სპეციფიკურია. ეს პრობლემა აქტუალურია პრაქტიკულად ყველა სახეობის საფრენი აპარატებისათვის, დაწყებული დიდი სამოქალაქო საჰაერო ხომალდებიდან დამთავრებული მსუბუქ თვითმფრინავებამდე ან მცირე შევლმფრინავებამდე. ავიაკომპანიებისათვის ეს სერიოზული პრობლემაა, რადგან ამ მიზეზით მომხდარი ინციდენტის შემდეგ თვითმფრინავი დეტალურ შემოწმებას საჭიროებს, რათა დაზიანება შეუმჩნეველი არ დარჩეს, რომელმაც შესაძლოა საჰაერო ხომალდი კატასტროფამდე მიიყვანოს [1].

გარდა ზემოაღნიშნულისა, ფრინველის საჰაერო ხომალდთან შეჯახების ყოველი ინციდენტი (ამ შემთხვევაში მხედველობაში არ გვაქვს ისეთი ინციდენტი, როცა ადგილი აქვს ადამიანურ მსხვერპლს) პირდაპირ ან ირიბად დაკავშირებულია სხვადასხვა ფინანსურ და მატერიალურ ხარჯებთან, რომელთა დადგენა ადვილი არ არის. არსებული ინფორმაციით ჩრდილოეთ ამერიკისათვის მსგავსი ირიბი დანახარჯები შეადგენს დაახლოებით 500 მილიონ დოლარს წელიწადში.

ICAO-ს მონაცემებით, რომელიც 91 ქვეყნის მონაცემებს ეყრდნობა, 2008-2015 წლებში შემოსული შეტყობინებების საერთო რაოდენობიდან (97 751) მხოლოდ 33 376 შემთხვევაში (34 %) დაფიქსირდა თვითმფრინავის დაზიანების ფაქტი, აქედან უმრავლესობა 30 817 (92%) - უმნიშვნელო დაზიანებაა, 1874 შემთხვევაში - მსუბუქი დაზიანება, 600 - მნიშვნელოვანი დაზიანება, 17 შემთხვევაში შეჯახებამ გამოიწვია საჰაერო ხომალდის დაზიანებული მონაკვეთის დამტვრევა. 2501 შემთხვევაში შეჯახებამ ფრენაზე გავლენა იქონია, რამაც ავარიული დაშვება (49%) გამოიწვია, 20%-ის შემთხვევაში აფრენა ვერ მოხერხდა და 3%-ის შემთხვევაში ძრავები გამოირთო [2].

პროცენტულად, ყველაზე ხშირად ფრინველები ეჯახება თვითმფრინავის საქარე მინას (15%), ფრთებს (14%), ცხვირის ნაწილს (14%) და ძრავას (13%). დარტყმის შედეგად ყველაზე ხშირად ხდება შემდეგი ნაწილების დაზიანება: ძრავა (21%), ფრთა (19%), შუქსიგნალები (6%), საქარე მინისა და თვითმფრინავის ცხვირის შორის მონაკვეთი (7%), ცხვირი (6%), შასი (5%).

უნდა აღინიშნოს, რომ წარმოდგენილი სტატისტიკიდან ჩანს, ფრინველების თვითმფრინავთან დაჯახების შედეგად დაზიანების ყველაზე დიდი პროცენტული მაჩვენებელი აქვს ძრავას. მისი დაზიანება კი ყველაზე ხშირად იწვევს კატასტროფულ შედეგებს: თუ ერთი ძრავა გამოვიდა მწყობრიდან, შესაძლებელია უახლოეს აეროპორტამდე მიფრენა ექსტრემალური დაშვების მოთხოვნით, ორი ძრავის გამორთვის შემთხვევაში კი საჰაერო ხომალდი დაუყონებლივ უნდა დაჯდეს და პილოტმა საამისოდ მეტ-ნაკლებად მისაღები ადგილი უნდა შეარჩიოს. 2016 წელს მხოლოდ გაერთიანებული სამეფოს მასშტაბით ჩიტის ძრავაში შეფრენის 1835 დადასტურებული შემთხვევა დაფიქსირდა, ანუ 8 შემთხვევა ყოველ 10 ათას ფრენაზე.

საჰაერო ხომალდების შეჯახება ფრინველებთან ყველაზე მეტად ხდება მისი აფრენისა და დაშვების დროს ან დაბალ სიმაღლეებზე (150-300 მ) ფრენისას (75%). შეჯახების 20% ხდება 20 % - 300-1500 მ სიმაღლეზე და მხოლოდ 5% - 1500 მ-ზე მაღლა. შემჩნეულია, რომ ბატები დაფრინავენ 10 175 მ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან. [2,3,4].

ფრინველების კლასი მოიცავს 8,6 ათას სახეობას. ისინი გავრცელებულია მთელ მსოფლიოში ხმელეთზე და წყლებში, ვერტიკალური მიმართულებით ისინი აღწევენ 7 ათას მეტრამდე. ზოგიერთი ფრინველი გარკვეულ ტერიტორიაზე ბინადრობს, ბევრი კი იცვლის საბინადრო ადგილს (მიგრირებს) და გადაფრენების საშუალებით (სეზონური მიგრაციით) უფრო ხელსაყრელ ადგილზე გადადის. საჰაერო ხომალდებთან დაჯახების ინციდენტებში ყველა სახეობა არ მონაწილეობს.

საჰაერო ხომალდებთან შეჯახების ოფიციალურ შეტყობინებებში დაჯახებების მონაწილეთაგან ყველაზე გავრცელებული სახეობებია: ბელურასნაირნი (22%), თოლიები და სხვა წყლის ფრინველები (11%), მტაცებელი ფრინველები (9%), მტრედისნაირნი (7%), ღამურები (3%), იხვები, ბატები, გედები (2%), ნამგალასნაირნი (2%), ბუ (2%), ყანჩა, ყარყატი, წერო, ფლამინგო (1%). ოფიციალური შეტყობინებების 39%-ის შემთხვევაში სახეობები უცნობია [5, 6]. ცხადია, ეს

მონაცემები განსხვავებული იქნება ტერიტორიულად სხვადასხვა ადგილას მდებარე და სხვადასხვა კლიმატისა და გარემოს მქონე აეროპორტებისთვის.

მაგალითისთვის საჰაერო ხომალდთან შეჯახებაში მონაწილე ყველაზე გავრცელებული ფრინველების სახეობები და მათი მახასიათებლები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრ. 1. ყველაზე გავრცელებული ფრინველების სახეობები

#	ფრინველის დასახელება	შეჯახ. მაჩვენ. %	ზომები, სმ		წონა, კგ
			სიგრძე	ფრთათ შორისი განი	
1	ბელურასნაირნი				
1.1	მერცხალი/House Martin	22	12-15	29	0,023
1.2	ტოროლა /Skylark		16-18	33	0.045
1.3	მწყერი/Meadow Pipit		18	31	0,100
1.4	შოშია /Starling		19-22	≤100	0.100
1.5	შაშვი /Fieldfare		22-27	40	0.110
1.6	კაჭკაჭი /Magpie		44-46	52-60	0,250
1.7	ჭილყვავი /Rook		41-49	81-94	0,340-0,530
2	ნამგალასნაირნი				
2.1	ნამგალა/Swift	2	16-17	42-48	0,050
3	მტრედები				
3.1	მტრედი /Racing Pigeon	7	29-35	≤ 68	≤ 0,500
3.2	ქედანი /Woodpigeon		38-43	68-77	0.450
4	თოლიები				
4.1	შავთავა/Black Headed Gull	22	35-39	86-99	0,280
4.2	ვერცხლისფერი თოლია /Herring Gull		54-60	123-148	1-1,5 მამ 0,720-1,1 დ
4.3	ზღვის დიდი თოლია /Great Black Backed Gull		61-74	144-166	1,4
5	წყლის ფრინველები				
5.1	გარეული იხვი/ Mallard		58-62	81-95	≤ 1,0
5.2	რუხი ბატი/Canada Goose		70-90	147-180	2,1-4,5

5.3	კანადური ბატი /Canada goose	32	39-55	127-185	2,6-6,5
5.4	სისინა გედი/Mute Swan		130-155	200-230	10-12
5.5	მყვიანი გედი /Whooper swan		145-160	225-235	9-11
5.6	რუხი ყანჩა /Grey Heron		84-102	155-175	1,5-2,0
6	მტაცებელი ფრინველები				
6.1	ალალი /Merlin	20	26-33	55-69	0.200
6.2	მიმინო / Sparrowhawk		29-34/მ 35-41/დ	58-65 მამ. 67-80 დედ.	0,220
6.3	შევარდენი/Peregrine Falkon		38-51	≤100	0,7-1.4
7	ბუსებრნი				
7.1	ყურებიანი ბუ (ოლოლი) /Long Eared Owl	2	31-37	98	0,250
8	ლამურასებრნი				
8.1	ლამურა/Parti-colored Bat	3	3,7-4,4	6,9-7,6	0,010-0,015
9	სხვა				
		39			

ფრინველების დასაფრთხოვად, რომლებიც აეროდრომის რაიონში საჰაერო ხომალდის ექსპლუატაციას უქმნიან საფრთხეს, გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდები და საშუალებები. აეროპორტის ადმინისტრაცია ვალდებულია გამოსცეს სახელმძღვანელო დოკუმენტი [7] და ჩამოაყალიბოს სპეციალური სამსახური, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს აეროდრომებზე ფრენის უსაფრთხოება, აეროდრომის ტეროტორიაზე და მის შემოგარენში ველური ბუნების წარმომადგენლების მიერ შექმნილი საფრთხეების და მასთან დაკავშირებული რისკების შემცირება.

- ბიოაკუსტიკური საშუალებები (მტაცებელი ფრინველის ჩაწერილი ხმა, ხმამაღალი სირენა და სხვა);
- გაზის ქვემეხი (პროპანის იარაღი, რომელიც გაზის მეშვეობით გამოცემს ხმას, რომელიც 1 კმ-ის დაშორებით ისმის);
- პორტატული ლაზერული იარაღი;
- მკვეთრი სინათლე და ამრეკლი ბურთები;
- სპეციალურად მომზადებული მტაცებელი ფრინველები (ძირითადად ფალკონები) და ძაღლები;
- და სხვა.

მაგრამ, როგორც პრაქტიკა აჩვენებს, ფრინველები სწრაფად ეგუებიან აღნიშნულ დამაფრთხოებელ საშუალებებს და ამდენადვე სწრაფად და მნიშვნელოვნად მცირდება ამ ღონისძიებების ეფექტურობა.

ზემოაღნიშნული პრევენციული ღონისძიებების გარდა არსებობს თვითმფრინავის ძრავების დაცვის სხვა მიდგომაც, კერძოდ, დამცავი ბადეების გამოყენების საშუალებით. მაგალითად, ისინი გამოიყენება ვერტმფრენებში [8]. საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის სამეცნიერო კვლევების ცენტრის სპეციალისტების მიერ ჩატარებულია კვლევები დამცავი ბადეებით ფრინველების დანაწევრების პირობების შესახებ [9,10].

ბადეების გამოყენებას აქვს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მხარეები. დადებით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ მისი გამოყენება გამორიცხავს ფრინველის მოხვედრას ძრავაში. უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ თუ ბადე არ არის მოქსოვილი შესაბამისი სიმტკიცის მასალისაგან, მან შესაძლოა ვერ გაუძლოს დარტყმას ფრინველთან შეჯახებისას, გაიგლიჯოს და ფრინველთან ერთად მისი ნაწილებიც მოხვდეს ძრავაში.

ზემოაღნიშნული პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელია ბადის ან ბადეთა სისტემის ოპტიმალური კონსტრუქციის დამზადებით თანამედროვე ზემტკიცე კომპოზიტური მასალებისაგან. ამის მისაღწევად პირველ რიგში საჭიროა დამცავი ბადის ფიზიკური და გეომეტრიული პარამეტრების ოპტიმიზაცია.

დამცავი ბადის გეომეტრიული პარამეტრებია მისი შემადგენელი ძაფის დიამეტრი d და ბადის კვადრატული უჯრედის გვერდის სიგრძე a , ბადის ღიობის ფართობი (რომელშიც უნდა გაიაროს ძრავაში შეწოვილმა ჰაერმა) $S_{\phi} = (a - d)^2$, ასევე ძაფის მასალის ფიზიკური და საექსპლუატაციო მახასიათებლები: სიმკვრივე, სიმტკიცე (წინააღმდეგობის გაწევის უნარი დარტყმისა და დინამიკური დატვირთვის მიმართ), მდგრადობა ხახუნისა და მდგრადობის მიმართ და მედეგობა გარემო პირობების ცვლილების მიმართ.

დამცავი ბადისადმი წაყენებული ტექნიკური მოთხოვნებია:

- ბადის უჯრედის ზომები უნდა იყოს ისეთი, რომ მასში არ გაძვრეს ყველაზე პატარა ზომის ფრინველიც კი იმ ფრინველთაგან, რომლებიც შესაძლოა შეეჯახოს საჰაერო ხომალდს. ეს შესაძლებელია ბადის უჯრედის ზომების შემცირებით, მაგრამ აქ თავს იჩენს სხვა პრობლემა: ბადის უჯრედის ზომების შემცირება გამოიწვევს საფრენი აპარატის აეროდინამიკური წინააღმდეგობის გაზრდას, რაც შეამცირებს ძრავის ენერგოეფექტურობას. ამიტომ უნდა შეირჩეს ბადის ისეთი პარამეტრები, რომელთა შემთხვევაში აეროდინამიკური წინააღმდეგობის გაზრდა იქნება უმნიშვნელო.
- ბადემ უნდა გაუძლოს იმ დარტყმებს, რომელთაც ადგილი აქვს საჰაერო ხომალდის ფრინველთა შეჯახებისას. სხვადასხვა წყაროებში საილუსტრაციოდ მოყვანილია შემდეგი მაგალითები: ა) 1,5-2,0 კგ ფრინველის შეჯახების ეფექტი თვითმფრინავთან, რომელიც მოძრაობს მის მიმართ 700 კმ/სთ ფარდობითი სიჩქარით, იგივეა, რაც მასზე 50 მმ კალიბრის ქვემეხიდან გასროლილი ჭურვის მოხვედრისა; ბ) ენერგია 5 კგ წონის ფრინველისა, რომელიც მოძრაობს 275 კმ/სთ ფარდობითი სიჩქარით, დაახლოებით უდრის 100 კგ წონის ტვირთის ენერგიას, რომელიც ვარდება 15 მ სიმაღლიდან.
- ბადე უნდა იყოს მედეგი აეროპორტებში არსებული საჰაერო ხომალდის საექსპლუატაციო პირობების მიმართ.

განვიხილოთ ბადის სავარაუდო საექსპლუატაციო პირობები, პროცესები დაჯახებამდე და დაჯახების შემდეგ და დადავადგინოთ კონკრეტული ტექნიკური მოთხოვნები ზემოაღნიშნული ინოვაციური ბადეების დასამზადებლად. კერძოდ დასადგენია:

1. რა სიჩქარეები შეიძლება გააჩნდეთ ფრინველებს საჰაერო ხომალდთან შეჯახებისას?

ფრინველის ფრენა განპირობებულია ფრინველის ფრთების მოძრაობით აღძრული აეროდინამიკური ძალისა და ფრინველზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მაჯამებელი ძალის მანიპულირებით. ფრინველის ფრენის სიჩქარეზე გავლენას ახდენს ქარი, რომლის სიჩქარე შესაბამისად ზრდის ფრინველის ფრენის სიჩქარეს, თუ ქარისა და ფრინველის ფრენის მიმართულება ერთმანეთს ან ამცირებს მას, თუ ქარისა და ფრინველის ფრენის მიმართულება ურთიერთსაწინააღმდეგაა.

როგორც წესი ფრინველების ფრენის სიჩქარე სეზონური მიგრაციული გადაფრენებისას უფრო მეტია, ვიდრე არასეზონური ფრენებისას. მაგალითად, *რუხი წეროები, ვერცხლისფერი თოლიები, ზღვის დიდი თოლიები* გადაფრენებს ახორციელებენ 50 კმ/სთ სიჩქარით, *სკვინჩა, ჭიჭიკა* - 55 კმ/სთ სიჩქარით, *მერცხლები* - 55-60 კმ/სთ სიჩქარით, სხვადასხვა სახეობის *ველური ბატები* - 70-90 კმ/სთ სიჩქარით, *შავი ნამგალა* - 110-150 კმ/სთ. ფრენის ყველაზე დიდი სიჩქარე გააჩნია *შევარდენს* პიკირებისას - ის აღწევს 320 კმ/სთ-ს. სხვა ფრინველების ფრენის მონაცემები ასევე წარმოდგენილია 1-ელ ცხრილში.

2. რა ძალები წარმოიქმნება ფრინველების საჰაერო ხომალდთან შეჯახებისას?

ძალები, რომლებიც წარმოიქმნება ფრინველების საჰაერო ხომალდთან შეჯახებისას, დამოკიდებულია იმ კინეტიკური ენერგიაზე, რომელსაც ფრინველი გადასცემს თვითმფრინავს მასთან შეჯახებისას და გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$E_{კინ} = \frac{m_{ფრ}(v_{ხომ} + v_{ფრ})^2}{2} \quad (1)$$

სადაც $m_{ფრ}$ - ფრინველის მასაა,

$v_{ხომ}$ - ხომალდის სიჩქარე,

$v_{ფრ}$ - ფრინველის სიჩქარე.

ფრინველი თვითმფრინავს ეჯახება გარკვეული ფართობით $S_{ფრ}$. ამ შემთხვევაში ფრინველი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც საგანი, რომელსაც გააჩნია ფუძის ფართობი $S_{ფრ}$ და საშუალო სისქე $H_{ფრ}$. ამ პარამეტრებით კინეტიკური ენერგია, რომელიც გადაეცემა დაჯახების ზედაპირს, გამოისახება ფორმულით

$$E_{კინ} = \rho_{ფრ} \cdot V_{ფრ} \cdot \frac{(v_{ხომ} + v_{ფრ})^2}{2} = \rho_{ფრ} \cdot S_{ფრ} \cdot H_{ფრ} \cdot \frac{(v_{ხომ} + v_{ფრ})^2}{2} \quad (2)$$

ამრიგად, ძალები, რომლებიც წარმოიქმნება ფრინველების საჰაერო ხომალდთან შეჯახებისას, დამოკიდებულია შემდეგ სიდიდეებზე:

ა) თვითმფრინავის სიჩქარეზე დედამიწის მიმართ $v_{ფრ}$.

თვითმფრინავის სიჩქარე, ცხადია, დამოკიდებულია თვითმფრინავის ძრავის ტიპზე და იმ სიმაღლეზე, რომელზეც ხდება ფრინველთან შეჯახება თვითმფრინავის აფრენის, საკრუიზო ფრენისა და დაფრენის სხვადასხვა მომენტში. ICAO-ს მონაცემებით თვითმფრინავის ფრინველთან შეჯახების უმრავლესობა (90%) ხდება აეროდრომების ახლოს ან თვითონ აეროდრომებზე თვითმფრინავის აფრენის, დაფრენის ან მათთან დაკავშირებულ ეტაპებზე 900 მეტრზე ნაკლებ სიმაღლეზე. ცხრ. 2-ში მოცემულია აფრენისა და დაშვების სიჩქარეები ზოგიერთი ფართოდ გავრცელებული საჰაერო ხომალდებისათვის.

ცხრ. 2. საჰაერო ხომალდების აფრენის და დაშვების სიჩქარეები

#	საჰაერო ხომალდის სახეობა	სიჩქარე აფრენის დროს, კმ/სთ	სიჩქარე დაშვების დროს, კმ/სთ	საკრუიზო სიჩქარე, კმ/სთ	ფრენის მაქსიმალური სიმაღლე, კმ
1	Boing 737	250	278	800	11,3
2	Boing 747	290	268-278	920-970	10,7-12,5
3	Airbus 320	275	260	870	-
4	Embraer 190	255	243	835	-

ბ) ფრინველის მასაზე $m_{ფრ}$ და სიჩქარეზე დედამიწის მიმართ $v_{ფრ}$.

ფრინველის მასა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა სახეობისაა ის, დედალია თუ მამალი, რა ასაკისაა და რა გარემოში ბინადრობს (მთა, ველი, წყალი, ჭაობი და სხვა).

მთელ მსოფლიოში გავრცელებულია ფრინველები 8,6 ათასი სახეობა და ზოგიერთი ფრინველი ბინადრობს გარკვეულ ტერიტორიაზე, ბევრი კი იცვლის საბინადრო ადგილს და სეზონური გადაფრენებით მიგრირებს უფრო ხელსაყრელ ადგილებში.

თვითმფრინავის ძრავაში შეიძლება მოხვდეს ორივე კატეგორიის ფრინველი, რომელთაც უწყვეტ მიმოფრენა სივრცეში, სადაც დაფრინავენ თვითმფრინავები. როგორც 1-ელი ცხრილიდან ჩანს, მათი მასები იწყება რამდენიმე ათეული გრამიდან და აღწევს რამდენიმე კილოგრამს.

რაც შეეხება ფრინველის ფრენის სიჩქარეს დედამიწის მიმართ, მათი მაქსიმალური მნიშვნელობა ასევე დამოკიდებულია ფრინველის სახეობაზე. ფრინველის საშუალო სიჩქარედ დედამიწის მიმართ მიჩნეულია 60-70 კმ/სთ. თუმცა, როგორც 1-ელი ცხრილიდან ჩანს, ზოგიერთი ფრინველისათვის ის შეიძლება იყოს გაცილებით დიდი - შავი ნამგალასათვის ის შეიძლება იყოს 180 კმ/სთ, ხოლო ზოგიერთი ტიპის შევარდენისათვის - 300 კმ/სთ-ზე მეტი. უნდა აღინიშნოს, რომ ფრინველთა ამ უკანასკნელ სახეობებს წარმოდგენილი ზღვრული სიჩქარეები აქვთ მათ ფრენის პიკირების რეჟიმში. რადგან ფრინველის თვითმფრინავთან დაჯახების სიჩქარე ტოლია დედამიწის მიმართ თვითმფრინავისა და ფრინველის სიჩქარეების ვექტორული ჯამის, მისი მნიშვნელობა მაქსიმალური იქნება მაშინ, როცა ზემოაღნიშნული სიჩქარეების ვექტორები მიმართული იქნება ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ, ანუ როცა ფრინველი მოძრაობს თვითმფრინავის შემხვედრად. ფრინველის პიკირების პირობებში ფრინველისა და თვითმფრინავის სიჩქარეები მიმართული იქნება თითქმის მართობულად, რაც იმას ნიშნავს, რომ ფრინველის პიკირების სიჩქარეს მნიშვნელობა ექნება მხოლოდ ფრინველის თვითმფრინავის კორპუსთან დაჯახებისას, ხოლო ძრავაში მოხვედრისას მონაწილეობას მიიღებს მისი უმნიშვნელო სიდიდის მქონე მდგენელი, რომლის წილი დაჯახების პროცესისათვის იქნება უმნიშვნელო.

გ) ფრინველის საშუალო სიმკვრივეზე $\rho_{ფრ}$, დაჯახების ფართობზე $S_{ფრ}$ და საშუალო სისქეზე $H_{ფრ}$.

ცხადია, ფრინველის სიმკვრივე $\rho_{ფრ}$ სხვადასხვა სახეობისათვის სხვადასხვაა, მაგრამ მისი ცვლილება არც თუ დიდია და მოთავსებულია დიაპაზონში: 600 – 700 კგ/მ³.

რაც შეეხება დაჯახების ფართობს $S_{ფრ}$, იგი განისაზღვრება ფრინველის ზომებით (რომლებიც, როგორც 1-ელი ცხრილიდან ჩანს, საკმაოდ განსხვავებულია) და იცვლება ფართო დიაპაზონში.

სიმულაციური გამოთვლების ჩასატარებლად ფრინველი შეიძლება წარმოვიდგინოთ ცილინდრის სახით, რომლის ფუძის დიამეტრია D , ხოლო სიმაღლე H . თუ ფრინველის სიმკვრივეა $\rho_{ფრ}$, ხოლო მოცულობა - $V_{ფრ}$ მაშინ ფორმულა (2)-ის თანახმად, დაჯახების კინეტიკური ენერჯია ფრინველის ცილინდრული მოდელისათვის გამოისახება შემდეგნაირად:

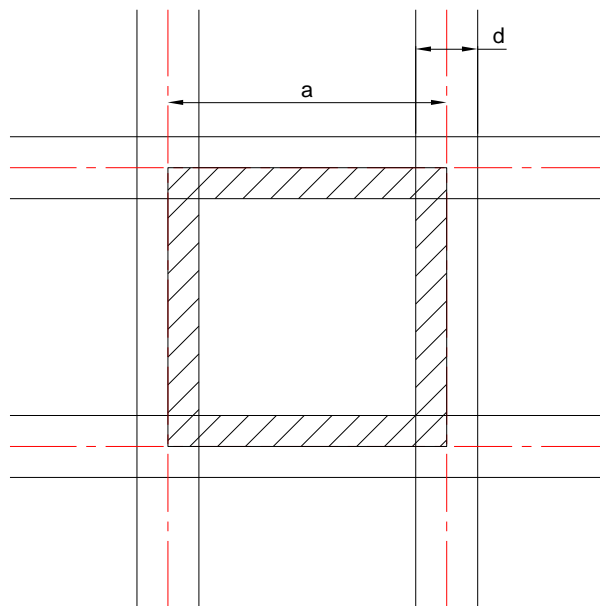
$$E_{კინ} = \rho_{ფრ} \cdot S_{ფრ} \cdot H_{ფრ} \cdot \frac{(v_{ბომ} + v_{ფრ})^2}{2} = \rho_{ფრ} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot H \cdot \frac{(v_{ბომ} + v_{ფრ})^2}{2} \quad (3)$$

ცხრილ 1-ში მოცემულია სხვადასხვა სახეობის ფრინველის სიჩქარეები. ასევე მოცემულია ზოგიერთი ფრინველის სიჩქარის ზღვრული მნიშვნელობები, რომლებითაც შეიძლება ქონდეს ფრინველს მისი ფრენის სხვადასხვა რეჟიმში (პიკირება, ინდივიდუალური ან გუნდური გადაფრენა და სხვა).

3. რა გავლენას ახდენს დამცავი ბადის უჯრედის ზომები საჰაერო ხომალდის ძრავას მუშაობაზე? რა უნდა იყოს მისი ოპტიმალური ზომები ფრინველის გაბარიტების გათვალისწინებით?

საჰაერო ხომალდის ძრავას მუშაობაზე დამცავი ბადის გავლენის შესასწავლად პირველ რიგში დავადგინოთ თუ რამდენი პროცენტით შემცირდება ჰაერის შესასვლელის ფართი ჰაერმიმღებ მოწყობილობაზე დამცავი ბადის დაყენების გამო.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ჰაერმიმღები მოწყობილობის ჰაერის შესასვლელის მართობული კვეთი, რომელიც დაფარულია a სიგრძის მქონე კვადრატულ უჯრედებიანი ბადით, რომელიც შედგენილია d დიამეტრის მქონე ძაფისაგან.



ნახ. 1 კვადრატულ უჯრედებიანი ბადის ფრაგმენტი

ბადის უჯრედის ფართი $S_1 = a^2$; ბადის ღიობის ფართი, საიდანაც ჰაერი შედის ჰაერმიმღებში, $S_2 = (a - d)^2$; ბადის თითოეული უჯრედისთვის ძაფით დაფარული ფართობი იქნება:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = 2ad - d^2 \quad (4)$$

ხოლო მისი ფარდობითი მაჩვენებელი

$$K = \Delta S / S_1 = 2d/a - (d/a)^2 \quad (5)$$

ფორმულა (5)-ში მოცემული კვადრატული განტოლებიდან შეიძლება დავადგინოთ d/a შეფარდების დამოკიდებულება დაფარვის K კოეფიციენტზე, რომელსაც ექნება შემდეგი სახე

$$d/a = 1 - \sqrt{1 - K} \quad (6)$$

კვადრატული განტოლების მეორე ფესვი $d/a = 1 + \sqrt{1 - K}$ არ გამოდგება, რადგან შეფარდება d/a ნაკლები უნდა იყოს 1-ზე.

ცხრ. 3-ში მოცემულია (5) ფორმულით ნაანგარიშები ბადის ძაფებით დაფარვის კოეფიციენტის ფარდობითი მაჩვენებელი პროცენტებში, ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძისა და ბადის შემადგენელი ძაფის დიამეტრის სხვადასხვა დასაშვები მნიშვნელობებისათვის.

ცხრ. 3. ძაფების დაფარვის კოეფიციენტის ფარდობითი მაჩვენებელი

ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძე a , მმ	ძაფის დიამეტრი a , მმ	d/a	დაფარვის კოეფიციენტი K , %
60	0,5	0,008333	1,66
	1,0	0,016667	3,31
	1,5	0,025	4,94
	2,0	0,033333	6,56
50	0,5	0,01	1,99
	1,0	0,02	3,96
	1,5	0,03	5,91
	2,0	0,04	7,84
40	0,5	0,0125	2,48
	1,0	0,025	4,94
	1,5	0,0375	7,36
	2,0	0,05	9,75
30	0,5	0,016667	3,31
	1,0	0,033333	6,56

	1,5	0,05	9,75
	2,0	0,066667	12,89
20	0,5	0,025	4,94
	1,0	0,05	9,75
	1,5	0,075	14,44
	2,0	0,1	19,00
10	0,5	0,05	9,75
	1,0	0,1	19,00
	1,5	0,015	27,75
	2,0	0,2	36,00

ცხრილი 3-ის მონაცემების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ძრავის შემსვლელ მოწყობილობაზე დამცავი ბადის დაყენების დროს ჰაერმიმღების მიერ აირის მიღების ფართის შემცირების მინიმალური მაჩვენებელია 1,66% (როცა ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძეა 60 მმ და ძაფის დიამეტრი 0,5 მმ), ხოლო მაქსიმალური - 36% (როცა ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძეა 10 მმ და ძაფის დიამეტრი 2,0 მმ).

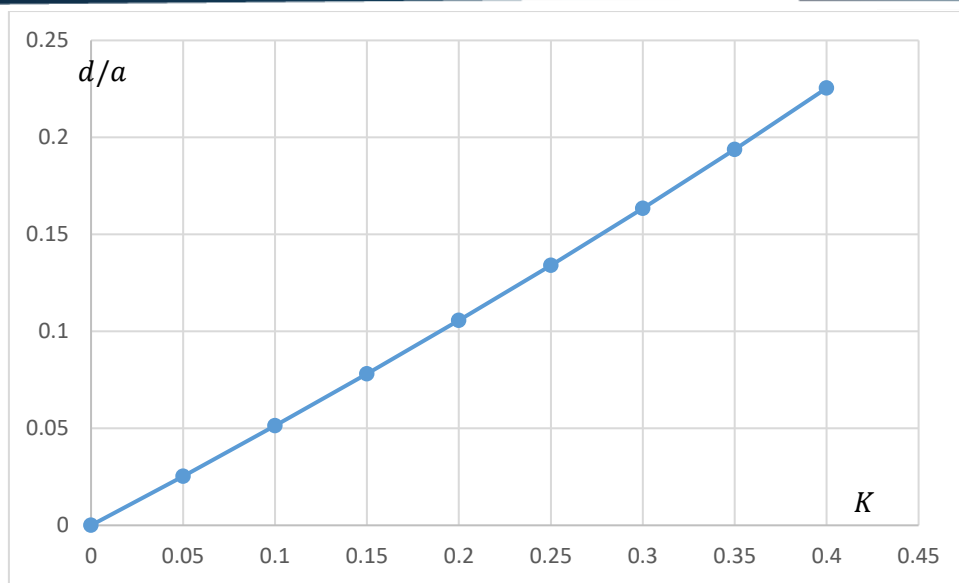
ცხრ. 4-ში წარმოდგენილია ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძისა და ძაფის დიამეტრის კომბინაციები, რომლითაც მიიღწევა ცხრ. 3-ში მოცემული ბადის ძაფებით დაფარვის კოეფიციენტის ფარდობითი მაჩვენებლები.

ცხრ. 4. ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძის და ძაფის დიამეტრის კომბინაციები

დაფარვის კოეფიციენტი K , %	ძაფის დიამეტრი d , მმ	ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძე a , მმ	შენიშვნა
1,66	0,5	60	
1,99	0,5	50	
2,48	0,5	40	
3,31	0,5	30	
	1,0	60	
3,96	1,0	50	
4,94	0,5	20	
	1,0	40	

	1,5	60	
5,91	1,5	50	
6,56	1,0	30	
	2,0	60	
7,36	1,5	40	
7,84	2,0	50	
9,75	0,5	10	
	1,0	20	
	1,5	30	
	2,0	40	
12,89	2,0	30	
14,44	1,5	20	
19,00	1,0	10	
	2,0	20	
27,75	1,5	10	
36,00	2,0	10	

ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძის ბადის ძაფის დიამეტრთან შეფარდების d/a დამოკიდებულება დამცავი ბადით ჰაერმიმღების შესასვლელის დაფარვის K კოეფიციენტზე, რომელიც აგებულია (6) ფორმულის გამოყენებით.



ნახ. 2 ბადის უჯრედის გვერდის სიგრძის ბადის ძაფის დიამეტრთან შეფარდების d/a დამოკიდებულება დაფარვის K კოეფიციენტზე

ცხადია, საჰაერო ხომალდების ძრავებზე დამცავი ბადის დაყენება გარკვეულწილად შეამცირებს მის ენერგოეფექტურობას. ასევე ნათელია, რომ ძრავის ენერგოეფექტურობის შემცირების კოეფიციენტი ნაკლები იქნება ნაშრომში წარმოდგენილი დამცავი ბადით ჰაერმიმღების შესასვლელის გეომეტრიული დაფარვის K კოეფიციენტის მნიშვნელობებზე. ძრავის ენერგოეფექტურობის შემცირების კოეფიციენტის დასადგენად აუცილებელია სხვადასხვა პარამეტრების მქონე ბადეებზე ექსპერიმენტული კვლევისა და გამოცდების ჩატარება მათი აეროდინამიკური წინააღობის დადგენის მიზნით.

დასკვნა

ნაშრომში წარმოდგენილი ფორმულებისა და ცხრილების გამოყენებით შეიძლება დადგინდეს ტექნიკური მოთხოვნები, რომლებიც უნდა იყოს გათვალისწინებული დამცავი ბადეების საჰაერო ხომალდების ძრავებში ფრინველების მოხვედრის თავიდან აცილებისთვის საჭირო დამცავი ბადეების შექმნის პროცესში, კერძოდ:

ა) თვითმფრინავის ძრავის ჰაერმიმღებში მოხვედრილი ფრინველის მასა შეიძლება იცვლებოდეს დიაპაზონში: 0,020 – 12,0 კგ;

ბ) ფრინველთა ფარდობითი სიჩქარე თვითმფრინავთან დაჯახებისას უმრავლეს შემთხვევაში იცვლება დიაპაზონში 50 კმ/სთ - 350 კმ/სთ, იშვიათ შემთხვევაში შეიძლება მიაღწიოს 700-800 კმ/სთ სიჩქარეს; აქედან გამომდინარე, მაქსიმალური კინეტიკური ენერგია, რომელიც გადაეცემა საჰაერო ხომალდს ფრინველთან დაჯახებისას, უმრავლეს შემთხვევაში, შეიძლება იყოს 56 კჯ, ხოლო იშვიათ შემთხვევაში შეიძლება მიაღწიოს 296 კჯ-ს, რაც უნდა გავითვალისწინოთ დამცავი ბადის შემადგენელი ძაფის პარამეტრების შერჩევისას ან მისი გამოყენებით აგებული კონსტრუქციების დაპროექტებისას;

გ) თვითმფრინავის ძრავის ჰაერმიმღებში მოხვედრილი ფრინველის ზომები შეიძლება იცვლებოდეს დიაპაზონში: სხეულის სიგრძე - 12- 160 სმ, ფრთათა შორისი განი - 30 – 235 სმ; აქედან გამომდინარე, დამცავი ბადის კვადრატული უჯრედის გვერდის სიგრძე არ უნდა აღემატებოდეს 5-6 სმ-ს;

დ) დამცავი ბადის დიამეტრის შერჩევას უნდა ვიხელმძღვანელოთ სტატიაში წარმოდგენილი ცხრილებით და დამცავი ბადით ჰაერმიმღების შესასვლელის დაფარვის კოეფიციენტის ლიმიტების გათვალისწინებით.

მადლიერება:

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [AR-22-476, საჰაერო ხომალდების ფრენის უსაფრთხოების ამაღლება საავიაციო ძრავებზე დამცავი ბადეების სისტემის გამოყენებით].

გამოყენებული ლიტერატურა:

- [1] - Ahmed F. El-Sayed, Bird Strike in Aviation: Statistics, Analysis and Management, 2019);
- [2] – Bird Strike (en. wikipedia. org/wiki/Bird Strike);
- [3] - Bird Strike Damage & Windshield Bird Strike, Final Report 5078609-rep-03 Version 1.1 EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY;
- [4] - ს. ტეფნაძე, დ. ლელაძე, უ. როინიშვილი, გ. სანაძე, „ფრენების უსაფრთხოება“, თბილისი, 1998;
- [5] – ICAO, Doc. 9332 – Manual On Bird Strike Information System (IBIS);
- [6] – “Bird and Wildlife Strike Management at Aerodromes”, Published by National Bird and Wildlife Hazard Comitee, IAA, March, 2021, Airish Aviation Aurity.
- [7] - სსიპ - სამოქალაქო ავიაციის სააგენტოს დირექტორის ბრძანება №56, 01.05.2017 – „საქართველოს სამოქალაქო აეროდრომებზე ველური ბუნების წარმომადგენელების მიერ შექმნილი საფრთხეების შემცირებისა და მართვის წესის“ დამტკიცების შესახებ“ ;
- [8] - Б. Ф. Шор, А. В. Горячев В. С. Мацаренко, В. Г. Жулин, Вю Вю Севенков, Расчетно-экспериментальное исследование Эффективности Защиты Верталетного двигателя от попадания посторонних предметов Вестник УГАТУ, 2015, Т. 19 №3.
- [9] - ა. მაისურაძე, დ. აბესაძე, . მუშკუდიანი, „საავიაციო აირტურბინული ძრავების ბადეზე მოხვედრილი ფრინველის დანაწევრების პირობის თეორიული გამოკვლევა“, ჟურნალი „საჰაერო ტრანსპორტი“, საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, თბილისი, 2021.

Study of operating conditions and determination of technical requirements for the creation of protective nets to prevent birds entering into aircraft engines

R. Khachidze, B. Abesadze, A. Maisuradze, V. Kelikhashvili

Georgian Aviation University, Ketevan Dedofali Ave. 16, 0103, Tbilisi, Georgia

Abstract

The paper discusses the issues of installing a bird protection net in the air intake device of aircraft turbojet engines, establishes technical requirements that must be taken into account when designing and manufacturing experimental samples of an effective protective net, determines the approximate values and ranges of its parameters.

Keywords: *aircraft, turbojet engine, safety net, technical requirements.*