

## 2. პროგრამული ანგარიში

#	დასახული ამოცანები	განხორციელებული ამოცანების მოკლე აღწერა	განხორციელებული ამოცანების შესრულების ამსახველი ანგარიშების მასალების ნუსხა		ფაქტობრივად შესრულებული ამოცანების შესაბამისობა გეგმიურ ამოცანებთან. ამოცანების ნაწილობრივ შესრულების ან არშესრულების შემთხვევაში - მიზეზების განმარტება
			განხორციელებული ამოცანების შესრულების დამადასტურებელი დოკუმენტი/ანგარიშზე თანდართული მასალები	მასალები, რომლებიც ინახება ორგანიზაციაში	
1.	წამახვილებული პრიზმული გარსებისა და ღეროების გათვლის ანალიზური და რიცხვითი მეთოდების დამუშავება	<p>განზომილების რედუქციისა და დე-კომპოზიციის მეთოდების გამოყენებით განხილულია იერარქიული მოდელების საწყის მიახლოებაში შემდეგი ოთხი მოდელი:</p> <p><b>მოდელი 1.</b> გარსის პირით ზედაპირებზე მოცამულია ძაბვის ვექტორი.</p> <p><b>მოდელი 2.</b> გარსის პირით ზედაპირებზე მოცემულია გადაადგილებები.</p> <p><b>მოდელი 3.</b> გარსის პირით ზედაპირებზე მოცამულია ძაბვის ვექტორის ნორმალური და გადაადგილების მხები მდგენელები</p> <p><b>მოდელი 4.</b> გარსის პირით ზედაპირებზე მოცამულია ძაბვის ვექტორის მხები და გადაადგილების ნორმალური მდგენელები</p> <p><b>იეტაპი.</b> მეორე მოდელის ფარგლებში ჩატარებულია თეორიული ანალიზი (საზოგადოდ არაკლასიკური მათ შორის წონიანი, კორექტული საწყის-სასაზღვრო ამოცანების დასმის თვალსაზრისით). გამოკვლეულია ვარიაციული ფორმულირებით დასმული ამოცანის ამონახსნის შესაბამის, საზოგადოდ წონიან სივრცეში, არსებობისა და ერთადერთობის საკითხი. ზემოთ მოყვანილი პირველი და მეორე მოდელის <math>N=0</math> და <math>1</math> მიახლოებების (დინამიკის შემთხვევა) შესაბამისი</p>	<p><b>დანართი # 1. ანგარიში</b> (პროექტის ფარგლებში მიღებული განტოლებებისთვის აგებული ნახევრად-დისკრეტული სქემების გამოკვლევა)</p> <p><b>დანართი # 2.</b> პროგრამის ანოტაცია; პროგრამული პროდუქტის ასლი</p> <p><b>დანართი # 3.</b> ანგარიში (<math>N=1</math> მიახლოების ერთი ამოცანის შესახებ)</p> <p><b>დანართი # 4.</b> ანგარიში (წამახვილებული ღეროს ღუნვის ამოცანა (0,0) მიახლოებაში)</p> <p><b>დანართი # 5-9.</b> გამოქვეყნებული სტატიების ასლები</p>		შესრულებულია სრულად

განტოლებებისათვის განხილულია ნახევრადდისკრეტული სქემები (ზოგადი შემთხვევისათვის), რომლებიც მიიღება დროითი ცვლადის მიხედვით წარმოებულების დისკრეტიზაციით და სივრცითი ცვლადების მიხედვით წარმოებულების გასაშუალოებით. გამოკვლეულია ამ სქემების მდგრადობა. აგებული სქემებისათვის მიღებულია აპრიორული შეფასებები, საიდანაც გამომდინარეობს მიახლოებითი ამონახსნების კრებადობა ზუსტი ამონახსნისაკენ სათანადო კლასებში.

**II ეტაპი.** ნახევარჯგუფისათვის რაციონალური ოპერატორული აპროქსიმაციების გამოყენებით დეფორმადი მყარი თხელი სხეულისათვის იერარქიული მოდელების (მიახლოება  $N=0,1$ ) შესაბამისი განტოლებებისათვის აგებული და გამოკვლეულია მაღალი რიგის სიზუსტის დეკომპოზიციის სქემები (ზოგადი შემთხვევისათვის). მესამე მოდელის ფარგლებში ჩატარებულია თეორიული ანალიზი (საზოგადოდ არაკლასიკური მათ შორის წონიანი, კორექტული საწყის-სასაზღვრო ამოცანების დასმის თვალსაზრისით). გამოკვლეულია ვარიაციული ფორმულირებით დასმული ამოცანის ამონახსნის შესაბამის, საზოგადოდ წონიან სივრცეში, არსებობისა და ერთადერთობის საკითხი.

**III ეტაპი.** მეოთხე მოდელის ფარგლებში ჩატარებულია თეორიული ანალიზი (საზოგადოდ არაკლასიკური მათ შორის წონიანი, კორექტული საწყის-სასაზღვრო ამოცანების დასმის თვალსაზრისით).

**დანართი 10.**  
გამოსაქვეყნებლად მიღებული სტატიის ასლი

**დანართი 11-12.**  
გამოსაქვეყნებლად გადაცემული სტატიების ასლები

**დანართი 13.**  
გამოსაქვეყნებლად მომზადებული სტატიის ასლი

**დანართი 14-29.**  
მოხსენებები კონფერენციებზე

**დანართი 30.**  
მივლინების ანგარიში

**დანართი 31.** პროექტის სემინარების სურათები

**დანართი 32.** პროექტის ფარგლებსი ჩატარებული სადემონსტრაციო დღეების სურათები

გამოკვლეულია ვარიაციული ფორმულირებით დასმული ამოცანის ამონახსნის შესაბამის, საზოგადოდ წონიან სივრცეში, არსებობისა და ერთადერთობის საკითხი. წინა ეტაპების ანალოგიურად განხილულია დეფორმადი მყარი თხელი სხეულისათვის მესამე და მეოთხე მოდელის შესაბამისი ამოცანები. კერძოდ, შესაბამისი განტოლებებისათვის განხილულია ნახევრადდისკრეტული სქემები (ზოგადი შემთხვევისათვის), რომლებიც მიიღება დროითი ცვლადის მიხედვით წარმოებულების დისკრეტიზაციით და სივრცითი ცვლადების მიხედვით წარმოებულების გასაშუალოებით. გამოკვლეულია ამ სქემების მდგრადობა. აგებული სქემებისათვის მიღებულია აპრიორული შეფასებები, საიდანაც გამომდინარეობს მიახლოებითი ამონახსნის კრებადობა ზუსტი ამონახსნისაკენ სათანადო კლასებში.

**IV ეტაპი.** დეფორმადი მყარი თხელი სხეულისათვის იერარქიული მოდელების (მიახლოება  $N=0, 1$ ) შესაბამისი განტოლებებისათვის აგებულია დეკომპოზიციის სქემები (ზოგადი შემთხვევისათვის). გამოკვლეულია ამ სქემების მდგრადობა და კრებადობა. მიახლოებითი ამონახსნის ცდომილებისათვის მიღებულია აპრიორული შეფასებები ამონახსნთა სათანადო კლასებში. აგებული ალგორითმების საფუძველზე შეიქმნა პროგრამული უზრუნველყოფა გარემოს იერარქიული მოდელების განტოლებების რიცხვითი გათვლებისათვის.

## კვლევის შემაჯამებელი მოკლე ანგარიში

### 1. სამეცნიერო პროექტის მიზნები, ამოცანები და მიღწეული შედეგები ( მოცემულ გრაფაში მიუთითეთ განხორციელებული სამეცნიერო პროექტის მიზნები, ამოცანები და პროექტის განხორციელების შედეგები არაუმეტეს 2 გვერდისა)

წამახვილებული ფირფიტები და ღეროები, ერთი მხრივ, წარმოადგენენ პრაქტიკული თვალსაზრისით მნიშვნელოვან დეტალებს, რომლებიც გვხვდება სივრცულ კონსტრუქციებში ნაწილობრივ ჩამაგრებული ნაპირებით, როგორცაა, მაგალითად, სტადიონების სახურავები, თვითმფრინავების ფრთები, წყალქვეშა ნაგებობების ფრთები და ა.შ., გარდა ამისა მანქანათმშენებლობაში (საჭრელი და სარანდავი ჩარხები), კოსმონავტიკაში, ტურბინებში და სხვა საინჟინრო ნაგებობებში (მაგალითად, კაშხლებში); მეორე მხრივ, მათი თეორიული ანალიზი და გათვლა მათემატიკურად დაკავშირებულია ძალზე რთული პრობლემების შესწავლასთან გადაგვარებული კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებებისათვის. ასეთი პრობლემები ცდება გადაგვარებული კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებების ზოგადი თეორიის ფარგლებს. ამ მიმართულებით შედეგები, ძირითადად, მიღებულია ლიპშიცური არეების შემთხვევაში, არალიპშიცური არეების შემთხვევაში მრავალი პრობლემა არაა გადაწყვეტილი. სწორედ მათი შესწავლა წარმოადგენდა წინამდებარე პროექტის მიზნებს. მათი გამოკვლევის მიზნით გამოყენებულია ფუნქციონალურ-ანალიზური, მიახლოებითი და სპეციალური (ამოცანების თავისებურებების შესაბამისი) მეთოდები. როგორც შედეგი, გამოკვლეულია სასაზღვრო ამოცანები იერარქიული მოდელების ნულოვან და პირველ მიახლოებაში წამახვილებული ფირფიტებისა და ღეროებისათვის, როცა მათ, როგორც სამგანზომილებიან სხეულებს უკავია არალიპშიცური არეები.

წარმოდგენილი პროექტი მიზნად ისახავდა იმ ამოცანების კლასის გამოყოფას და მათემატიკურ შესწავლას, რომელიც გამოკვლევაც შესაძლებელი იყო განზომილების რედუქციისა და დეკომპოზიციის მეთოდებით. პროექტი გულისხმობდა ამოცანების ამოხსნის ანალიზური და რიცხვითი მეთოდების დამუშავებას და კონკრეტული რიცხვითი შედეგების მიღებას იერარქიული მოდელების საწყის მიახლოებებში ცვლადი სისქის, საზოგადოდ წამახვილებული სხეულებისათვის, სხვა სიტყვებით, გადაგვარებული შემთხვევებისათვის, ე.ი., როცა ფირფიტის სისქე ან ღეროს განივი კვეთის ფართობი შეიძლება ნული გახდეს, შესაბამისად, ფირფიტის საზღვრის ნაწილზე ან ღეროს ბოლოებში. განზომილების რედუქციისა და დეკომპოზიციის მეთოდების გამოყენებით იერარქიული მოდელების საწყის მიახლოებებში გამოკვლეულია შემდეგი ოთხი მოდელი:

**მოდელი 1.** გარსის პირით ზედაპირებზე მოცემულია ძაბვის ვექტორი

$$Q_{\nu_i}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) = X_{i\beta}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) \nu_\beta + X_{33}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) \nu_3, \quad i = 1, 2, 3.$$

**მოდელი 2.** გარსის პირით ზედაპირებზე მოცემულია გადაადგილებები

$$u_i(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t), \quad i = 1, 2.$$

**მოდელი 3.** გარსის პირით ზედაპირებზე მოცემულია

$$Q_{\nu_3}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) = X_{3\beta}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) \nu_\beta + X_{33}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) \nu_3,$$

$$u_\alpha(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t), \quad \alpha = 1, 2,$$

**მოდელი 4.** გარსის პირით ზედაპირებზე მოცემულია

$$Q_{\nu_\alpha}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) = X_{\alpha\beta}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) \nu_\beta + X_{\alpha 3}^{(\pm)}(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t) \nu_3,$$

$$u_3(x_1, x_2, h(x_1, x_2), t).$$

მეორე-მეოთხე მოდელის ფარგლებში ჩატარებულია თეორიული ანალიზი (საზოგადოდ არაკლასიკური მათ შორის წონიანი, კორექტული საწყის-სასაზღვრო ამოცანების დასმის თვალსაზრისით). გამოკვლეულია ვარიაციული ფორმულირებით დასმული ამოცანის ამონახსნის შესაბამის, საზოგადოდ წონიან სივრცეში, არსებობისა და ერთადერთობის საკითხი (იხ. დანართები 3, 4, 5, 9).

ზემოთ მოყვანილი მოდელებისთვის საწყისი მიახლოებების (დინამიკის შემთხვევა) შესაბამისი განტოლებებისათვის გამოკვლეულია ნახევრადდისკრეტული სქემები (ზოგადი შემთხვევისათვის), რომლებიც მიიღება დროითი ცვლადის მიხედვით წარმოებულების დისკრეტიზაციით და სივრცითი ცვლადების მიხედვით წარმოებულების გასაშუალოებით. დადგენილია ამ სქემების მდგრადობა. აგებული სქემებისათვის მიღებულია აპრიორული შეფასებები, საიდანაც გამომდინარეობს მიახლოებითი ამონახსნების კრებადობა ზუსტი ამონახსნისაკენ სათანადო კლასებში. ნახევარჯგუფისათვის რაციონალური ოპერატორული აპროქსიმაციების გამოყენებით დეფორმადი მყარი თხელი სხეულისათვის იერარქიული მოდელების შესაბამისი განტოლებებისათვის აგებული და გამოკვლეულია მაღალი რიგის სიზუსტის დეკომპოზიციის სქემები (ზოგადი შემთხვევისათვის). აგებული ალგორითმების საფუძველზე შეიქმნა პროგრამული უზრუნველყოფა გარემოს იერარქიული მოდელების განტოლებების რიცხვითი გათვლებისათვის (იხ. დანართები 1, 2, 6, 7, 8).

პროექტით გათვალისწინებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების ჩატარებისას წამოჭრილი მათემატიკური პრობლემების სირთულე განპირობებულია, განსახილველი არეების რთული გეომეტრიისა და კერძოწარმოებულიან დიფერენციალურ განტოლებებისა და სისტემების გადაგვარებულობით. მიღებული შედეგები ერთი მხრივ წარმოადგენენ დამოუკიდებელ ინტერესს საკუთრივ მათემატიკისა და მექანიკის შესაბამისი დარგის განვითარების თვალსაზრისით, ხოლო მეორე მხრივ თავიანთი მოგებულობით შემდგომ პრაქტიკულ გამოყენებებზე, რაც ზრდის შესრულებული პროექტის მნიშვნელობას. ამ მიმართულებით მიღებულია პრაქტიკული და თეორიული ხასიათის შედეგები, რომელსაც გამოყენება აქვს ელექტრული და ელექტრონულ ინჟინერიაშიც, რაც დაფიქსირდა პროექტის შემსრულებლების მიერ მისურის ტექნოლოგიების უნივერსიტეტის FEMAS\EMC ლაბორატორიის სემინარზე (Laboratory meeting; FEMAS - Fast Electromagnetic Analysis Suite), ლაბორატორიის თანამშრომლებთან ერთად მომზადდა სტატია Effective Calculation of S-Parameters from RLGC using Fast Approximation of Sine and Cosine Hyperbolic Functions, რომელიც გადაცემულია გამოსაქვეყნებლად Journal IEEE Transactions (იხ. დანართი 11, 30). მოძებნილი თანაკვეთის საფუძველზე დავსახეთ მომავალი თანამშრომლობის გეგმა, წარვადგინეთ ახალი პროექტი კონკურსზე „უცხოეთში მოღვაწე თანამემამულეთა მონაწილეობით ერთობლივი კვლევებისათვის სახელმწიფო გრანტის 2014 წლის კონკურსი“.