

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სამშენებლო ფაკ-ის წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგებისა
და
შენობების საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტი

გრანტის პროექტი № 070-13 – ის დასკვნითი ანგარიში:
*„გამოყენებითი სახის ნავთობსეპარატორის კონსტრუქციის
შემუშავება და მისი ქმედების ჰიდროდინამიკური დასაბუთება“.*

გრანტის პროექტის ხელმძღვანელი,
ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი:

ზ. ციხელაშვილი

გრანტის ოდენობა: 10 ათ. ლარი
გრანტის ხანგრძლივობა :
9 თვე - (ოქტომბერი 2013 წ - ივნისი 2014 წ)

თბილისი - 2014 წ

1. საგრანტო პროექტი № 070-13 - ის შემსრულებლები	3
2. რეზიუმე (ქართულად და ინგლისურად)	3
3. პრობლემის არსი და აქტუალობა	4
4.სამეცნიერო-კვლევითი სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით ნავთობსეპარატორის ეფექტური კონსტრუქციის ქმედების ამსახველი მათემატიკური მოდელის შემუშავება და სამომავლო კვლევების დაგეგმვა	5
5.რეკომენდებული ნავთობსეპარატორის კონსტრუქცია და მისი ქმედების თავისებურებანი	6
6. ნავთობ სეპარატორის მოქმედების პრინციპი.....	6
7. ჰიდროდინამიკური სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის მეთოდიკა.....	8
8. კომპიუტერული შედეგების ანალიზი-სეპარატორის მოქმედების ჰიდროდინამიკური დასაბუთება	9
9. დასკვნა.....	10
10. გამოყენებული ლიტერატურა.....	11
11. დანართი–ნახაზები	12
12. დანართი–პატენტი	18–24

1.საგრანტო პროექტი № 070-13 - ის შემსრულებლები:

ტ. მ.დ., პროფესორი, ზაურ ციხელაშვილი - პროექტის ხელმძღვანელი

ტ. მ.დ., პროფესორი, თეიმურაზ გველესიანი - წამყვანი მეცნიერი

შესრულების ვადა: ოქტომბერი 3013 წ - ივნისი 2014 წ - (9 თვე)

დაფინანსება: 10 ათ. ლარი

ხელფასი: ზ. ციხელაშვილი - 3750 ლარი, თ. გველესიანი - 3750 ლარი

2.რეზიუმე

სტუ-ს გრანტის პროექტზე № 070-13 (ხელმძღვანელი პროფ. ზ. ციხელაშვილი): „*გამოყენებითი სახის ნავთობსეპარატორის კონსტრუქციის შემუშავება და მისი ქმედების ჰიდროდინამიკური დასაბუთება*“.

ამ მიზნით შემუშავდა კომპაქტური გაბარიტების და ეფექტური ქმედების ნავთობსეპარატორის კონსტრუქცია, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია სხვადასხვა ობიექტებიდან (რკონიგზის ცისტერნები, ავტოცისტერნები, ნავთობპროდუქტების რეზერვუარები, ავტომემკეთებელი საამქროები, რეზერვუარები, ავტოსამრეცხაოები, ნავთობბაზები და სხვ.) მიღებული ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული ჩამდინარე წყლების გაწმენდა-გაუვნებლობა ევრო საბჭოს 91/271/EEC დირექტივის მოთხოვნების შესაბამისად, წყალსატევებში ჩაშვებაზე ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების ფარგლებში.

შემოთავაზებული ნავთობსეპარატორის კონსტრუქცია მიზანშეწონილი იქნება გამოყენებულ იქნას ქალაქების მუნიციპალიტეტებისა და დაინტერესებული ორგანიზაციების თანადგომითა და დაფინანსებით, ცალკეულად აღებულ კონკრეტულ ობიექტებზე მათგან ფორმირებული ჩამდინარე წყლების გაწმენდა-გაუვნებლების მიზნით, წყალსატევებში ჩაშვებაზე ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების შესაბამისად.

ჰიდროდინამიკური მოდელირების ბაზაზე, კომპიუტერული ექსპერიმენტირების კვლევის მეთოდის გამოყენებით, შემუშავდა კომპაქტური გაბარიტების და ეფექტური ქმედების ნავთობსეპარატორის კონსტრუქცია, რომელიც შეიძლება რეკომენდებულ იქნას საწარმოო გამოცდებისთვის „ნავთობსეპარატორის კომპაქტური კონსტრუქციის დამამზადებელი საწარმო“-ს შექმნის მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: კომპაქტური გაბარიტების და ეფექტური ქმედების ნავთობსეპარატორის კონსტრუქცია, ჰიდროდინამიკური მოდელირება,

კომპიუტერული ექსპერიმენტირება, სხვადასხვა ობიექტებიდან მიღებული ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული ჩამდინარე წყლების გაწმენდა-გაუვნებლობა, საწარმოო გამოცდა „ნავთობსეპარატორის კომპაქტური კონსტრუქციის დამამზადებელი საწარმო“-ს შექმნის მიზნით.

2. Abstract

On the GTU grant project № 070-13 (superior prof. Z. Tsikhelashvili):
“the development of the construction of an applied oil-separator and the hydrodynamical explanation of its action”.

For this purpose, an oil-separating construction of compact dimensions and effective actions has been developed, using which will be possible for the cleaning and disposal of polluted water from oil products from various spots (railway cisterns, autocisterns, carwashes, oil bases, etc) according to the EU 91/271/EEC directive, in limits of the Maximum Acceptable Concentrations dischargable in reservoirs.

The construction of the proposed oil-separating construction would be advisable to be used with the support and funding of interested organizations and city municipalities, with the purpose of cleaning and disposal of polluted waters formed discharged in separately selected particular spots, in limits of Maximum Acceptable Concentrations.

On the base of hydrodynamic modelling, using the research method of computer experimentation, an oil-separating construction of compact dimensions and effective actions has been developed, which can be used for the creation of “compact oil-separating construction producer enterprise” for production experiments.

Key words: the construction of an oil-separating construction of compact dimensions and effective actions, hydrodynamic modelling, computer experimentation, cleaning and disposal of sewage waters polluted with oil products from various spots, experimental production for the creation of “compact oil-separating construction producer enterprise”.

3. პრობლემის არსი და აქტუალობა

საკვლევო პრობლემა, როგორც აღვნიშნეთ, ადამიანთა ჯანმრთელობის, წყალსატევების (მდინარეების ტბების და სხვა) მიმდებარე გარემოს სანიტარულ - ჰიგიენური და ეკოლოგიური დაცვის განხრით, ეროვნული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საინჟინრო ამოცანათა კლასს განეკუთვნება, რომლის გადაწყვეტა ქვეყნის მასშტაბით აქტუალური და დროულია.

ნავთობპროდუქტების სეპარატორების მუშაობის სპეციფიკა ძირითადად, იმაში მდგომარეობს, რომ გრავიტაციური ფაქტორის მოქმედების შედეგად ფენებად

დაიშალოს (გამოიყოს) სხვადასხვა სიმკვრივის მქონე სითხეები (წყალი, ნავთობი) და ჩამდინარე წყალში შეტივტივებული დამაბინძურებელი სხვა მყარი ნაწილაკები.

ამჟამად მსოფლიოში გამოიყენება სეპარატორების სხვადასხვა სისტემა, რომლებიც დამუშავებულია, კერძოდ, ამერიკის ნავთობის ინსტიტუტის (API), კომპანია ACO–ს და სხვ. მიერ. საქართველოში დღეისათვის რაიმე ტიპის სეპარატორების პროექტირება და წარმოება არ ხორციელდება, ხოლო უცხოეთში წარმოებულის ფასი–საკმაოდ მაღალია. ამიტომ, იაფი და ეფექტურად მოქმედი სეპარატორის პროექტის შემუშავება, რომლის გამოყენება შესაძლებელი იქნება სხვადასხვა მიზნისათვის, კერძოდ კი, ქალაქის ავტოსატრანსპორტო საშუალებების სამრეცხაოებსა და რკინიგზის ცისტერნების რეცხვის შედეგად (და სხვა ანალოგიური ადგილებიდან) მიღებული ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული ჩამდინარე წყლის გაწმენდ- გაუვნებლების მიზნით მიმდებარე გარემოს სანიტარულ-ჰიგიენური და ეკოლოგიური პრევენციის თვალსაზრისით მეტად აქტუალურია.

აღსანიშნავია, რომ ამჟამად მოქმედი სანიტარულ - ჰიგიენური ნორმების თანახმად ჩამდინარე წყლების გაწმენდა აუცილებელია ნავთობპროდუქტებისა და სხვადასხვა ცხიმებისგან, რომლებიც წარმოიქმნებიან ქალაქების ტერიტორიაზე, სამრეწველო ობიექტების, ავტოსამრეცხაოების, პარკინგების, რესტორნების, საავადმყოფოების, სასადილოებისა და სხვა ობიექტებზე. კერძოდ, ევრო საბჭოს 91/271/EEC დირექტივის ნორმების მოთხოვნების თანახმად ნავთობპროდუქტების რაოდენობა, რომელიც ხვდება ქალაქის კანალიზაციაში ჩამდინარე წყალთან ერთად არ უნდა აღემატებოდეს 3-5 მგ/ლ.

4. სამეცნიერო-კვლევითი სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით ნავთობსეპარატორის ეფექტური კონსტრუქციის ქმედების ამსახველი მათემატიკური მოდელის შემუშავება და სამომავლო კვლევების დაგეგმვა

მიღებული შედეგები დაემყარება სისტემური მიდგომის შესაბამისად შემუშავებულ სამეცნიერო-კვლევით მეთოდოლოგიას, რომლის შესაბამისად პროექტით გათვალისწინებულია ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული ჩამდინარე წყლის გამწმენდი გამოყენებითი სახის სეპარატორის ეფექტური კონსტრუქციის შემუშავება.

ამასთან ნავთობსეპარატორის სქემის შემუშავება იწარმოებს პირველად ამ მიზნისათვის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ახალი ორ–განზომილებიანი (2D) მათემატიკური მოდელის რიცხვითი რეალიზაციისა და მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე. ეს საშუალებას მოგვცემს შევარჩიოთ სეპარატორში შემავალი შესაბამისი კონსტრუქციული ელემენტებისა და მათი ინსტალაციის სახე, რის შედეგად უზრუნველყოფილი იქნება აღნიშნული სეპარატორის ქმედების ეფექტური პირობები, პირველ რიგში ლამის დალექვის და ნავთობის ამოტივტივების ინტენსივობის გაზრდის თვალსაზრისით.

5. რეკომენდებული ნავთობსეპარატორის კონსტრუქცია და მისი ქმედების თავისებურებანი

მოქმედი სანიტარულ - ჰიგიენური ნორმების თანახმად ჩამდინარე წყლების გაწმენდა აუცილებელია ნავთობპროდუქტებისა და სხვადასხვა ცხიმებისგან, რომლებიც წარმოიქმნებიან ქალაქების ტერიტორიაზე, სამრეწველო ობიექტების, ავტოსამრეცხაოების, პარკინგების, რესტორნების, საავადმყოფოების, სასადილოებისა და სხვა ობიექტებზე. კერძოდ, ევრო საბჭოს 91/271/EEC დირექტივის ნორმების მოთხოვნების თანახმად ნავთობპროდუქტების რაოდენობა, რომელიც ხვდება ქალაქის კანალიზაციაში ჩამდინარე წყალთან ერთად არ უნდა აღემატებოდეს 3-5 მგ/ლ.

როგორც აღვნიშნეთ სეპარატორების მუშაობის სპეციფიკა ძირითადად, იმაში მდგომარეობს, რომ სეპარატორის ნაგებობაში გრავიტაციური ფაქტორის მოქმედების შედეგად ფენებად დაიშალოს (გამოიყოს - განცალკევდეს) სხვადასხვა სიმკვრივის მქონე ჩამდინარე სითხეები (წყალი, ნავთობი) და ნავთობპროდუქტებთან ერთად დაჭერილ იქნას აგრეთვე ჩამდინარე წყალში შეტივტივებული დამაბინძურებელი სხვა მყარი ნაწილაკებიც.

ნავთობსეპარატორის კონსტრუქცია აგებულ უნდა იქნას პოლიეთილენის (ლუპოლენის ან სხვა) მედეგი მასალისაგან, რომელსაც კომპლექსურად შეთავსებული ექნება ლამის დამაგროვებელი საკანი და დაგროვილი ნავთობპროდუქტების შესაგროვებელი მოწყობილობა. ამასთან საპროექტო პირობებით ასაგები ნავთობსეპარატორი გაანგარიშებულ უნდა იქნას არა ნაკლები 5-8 ლ/წმ მოდინებული ჩამდინარე წყლის ხარჯის მწარმოებლობიდან გამომდინარე.

6. ნავთობსეპარატორის მოქმედების პრინციპული სქემა და მისი ეფექტური კონსტრუქციის ქმედების ამსახველი ჰიდროდინამიკური მათემატიკური მოდელის შემუშავება, სამეცნიერო-კვლევითი სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით

ნავთობსეპარატორის სქემის შემუშავება დაემყარება სისტემური მიდგომის შესაბამისად შემუშავებულ სამეცნიერო-კვლევით მეთოდოლოგიას. პირველად ამ მიზნისათვის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული იქნება ორ-განზომილებიანი (2D) მათემატიკური მოდელის რიცხვით რეალიზაცია, რომლის მიხედვით მიღებული შედეგები დაასაბუთებს საკვლევ პრობლემას. ეს საშუალებას მოგვცემს შევარჩიოთ სეპარატორში შემავალი შესაბამისი კონსტრუქციული ელემენტებისა და მათი ინსტალაციის სახე, რის შედეგად უზრუნველყოფილი იქნება აღნიშნული სეპარატორის ქმედების ეფექტური პირობები, პირველ რიგში ლამის დალექვის და ნავთობის ამოტივტივების ინტენსივობის გაზრდის შესაბამისად.

ნავთობსეპარატორის სქემა წარმოდგენილია ნახ.1-2-ზე. ის წარმოადგენს ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ ჭრილებში ოთკუთხა ფორმის წყლით ავსებულ რეზერვუარს, რომელშიც განლაგებულია ორი ვერტიკალური ტიხარი (ბარიერი): ერთი - მოკლე (a), მეორე-გრძელი, მოგრებილი ბოლოთი (b). რეზერვუარის მარცხენა მხრიდან (1-1 კვეთის სიმაღლეზე) ხდება ნავთობშემადგენელი წყლის შემოდინება გარკვეული Q ხარჯით. წყლის ზედაპირის $a - b$ უბანზე (a და b ბარიერებს შორის) წარმოებს ამოტივტივებული, წყლისგან გამოყოფილი (სეპარირებული) ნავთობის შეგროვება. b ტიხრის მარჯვენა მხარეს ნავთობის ნარევისაგან გასუფთავებული წყალი 2-2 კვეთის სიმაღლიდან გამოედინება საფილტრაციო ნაგებობებისაკენ შემდგომი ბიოლოგიური გაწმენდის მიზნით. a და b ტიხრების საშუალებით ხდება 1-1 კვეთიდან შემოსული სითხის სიჩქარის ჩაქრობა ისეთნაირად, რომ მათ შორის განლაგებულ უბანზე მოხდეს ნავთობის თხიერი „ნაწილაკების“ (წვეთები) მაქსიმალური, პრაქტიკულად შეუფერხებელი ამოტივტივება ანუ შეიქმნას სითხის მოძრაობის დამყარებული რეჟიმის

$$\text{დროს ისეთი პირობა, როდესაც } V_{oil,up} > |V_z|, \quad (1)$$

სადაც $V_{oil,up}$ -არის ნავთობის ნაწილაკების ამოტივტივების სიჩქარე, V_z - წყლის მოზრაობის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი $P_{up}=(\rho_o-\rho_1)g\Delta_{oil}$

ნავთობის ნაწილაკზე მოქმედი და ვერტიკალურად წყლის ზედაპირისაკენ მიმართული ამომგდები ძალა უძრავ სითხეში შეიძლება შევავასოდ შემდეგნაირად

$$P_{up}=(\rho_o-\rho_1)g\Delta_{oil} \quad [\delta] \quad (2)$$

სადაც ρ_1 არის ნავთობის სიმკვრივე, ρ_o - წყლის სიმკვრივე, g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, Δ_{oil} - ნავთობის ნაწილაკის მოცულობა

აღნიშნული $a - b$ სიგრძის წყლის ზედაპირის უბანზე ნავთობის ამოტივტივების ხარისხზე გავლენას ახდენს აგრეთვე, წყლის მოძრაობის ჰორიზონტალური მდგენელიც - V_x . მართლაც, რაც უფრო მცირე იქნება თავისი მნიშვნელობით ეს მახასიათებელი, მით უფრო სრულად შეიძლება იქნეს უზრუნველყოფილი ნავთობის სეპარაცია წყლით შედარებით მოკლე $a - b$ უბნის პირობებში. ამგვარად, ამ შემთხვევაში რეზერვუარის საანგარიშო ზომები მცირდება, რაც მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ასპექტთან არის დაკავშირებული.

განსახილველი სეპარატორის პირობებში ნავთობნაჯერი სითხის მოძრაობის პარამეტრებზე მოქმედებს შემდეგი სახის „შეშფოთება“: რეზერვუარის მარცხენა კვეთიდან სითხის შემოდინება და მარჯვენა კვეთიდან მისი გადინება. ამ შეშფოთებით გამოწვეული ორ-ფაზიანი (წყალი+ნავთობი) სითხის მოძრაობის შესწავლა ზემოაღნიშნულ გეომეტრიულად რთული სითხით მოცული არისათვის (ტიხრების გათვალისწინებით) წარმოადგენს რთულ ამოცანას.

ამიტომ, პროექტში გამოყენებულია სხვა შედარებით უფრო მარტივი თეორიული მიდგომა. კერძოდ, სითხე განიხილება „სუფთა“ წყლის სახით და განისაზღვრება აღნიშნული შეშფოთების შედეგად გამოწვეული სითხის მოძრაობის ძირითადი

პარამეტრები - სიჩქარის კომპონენტები და წყლის ზედაპირზე წარმოქმნილი ტალღები, და კერძოდ ავლნიშნოთ, რომ სიჩქარის ვერტიკალური კომპონენტები (V_z) განაპირობებს წყლის ნაწილაკზე მოქმედ ძალას

$$|P_w| = m_w \left| \frac{V_z}{t} \right| \rho \Delta_w |a_z| \quad (3)$$

სადაც $m_w = \rho \Delta_w$, m_w არის წყლის ნაწილაკის მასა, Δ_w წყლის ნაწილაკის მოცულობა, a_z წყლის ნაწილაკის აჩქარება.

ამგვარად, აღნიშნული სეპარატორის პირობებში ნავთობის ნაწილაკზე მოქმედი ძალა შეიძლება შეფასდეს ასე

$$P_{oil} = P_{up} \pm P_w. \quad (4)$$

აქ, + და - ნიშანი შეესაბამება V_z -კომპონენტის მიმართულებას Z ვერტიკალურ კოორდინატას მიმართ. სახელდობრ, b ტიხრის მარცხნივ მდებარე სითხის არეში (ნახ.2) V_z კომპონენტი წარმოადგენს უარყოფით სიდიდეს და შესაბამისად P_w აიღება „მინუს“ ნიშნით. საპირისპირო პირობას აქვს ადგილი b ტიხრის მარჯვნივ განლაგებულ სითხის არეში წყლის ზედაპირის $a - b$ უბნის მიმდებარე ზონაში ნავთობის ნაწილაკების ამოტივტივების პროცესის ინტენსივობა (4) გამოსახულების მიხედვით, მით მეტია, რაც ნაკლებია P_w - სიდიდე და შესაბამისად $|V_z|$ სიდიდე. იმ შემთხვევაში, როდესაც $P_{up} \gg P_w$, შეიძლება მივიღოთ, რომ

$$P_{oil} \approx P_{up}, \quad (5)$$

მაშინ ნავთობის ამოტივტივების პროცესი ბარიერებს შორის განლაგებულ არეში (ნახ.2) ყველაზე უფრო ინტენსიური იქნება.

7. ჰიდროდინამიკური სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის მეთოდიკა

განვიხილოთ სითხის არასტაციონარული მოძრაობის ბრტყელი სასაზღვრო ამოცანა (ZOX სიბრტყეში) სწორკუთხა ფორმის წყლის აუზისათვის (რეზერვუარისთვის), როდესაც მის ვერტიკალურ საზღვრებზე-კედლებზე ($x=a$ და $x=1$, სადაც 1-რეზერვუარის სიგრძეა) ადგილი აქვს 1-1 და 2-2 უბნებზე სითხის შემოდინებას და გადინებას, შესაბამისად, V_1 და V_2 სიჩქარით (ნახ.2) იმ შემთხვევაში, თუ რეზერვუარში არ არის განლაგებული ტიხრები (ბარიერები), მაშინ ზემოაღნიშნული ჰიდროდინამიკის ამოცანის ამოხსნა შესაძლებელია მცირე ამპლიტუდის ტალღების თეორიის გამოყენებით [1,2]. ამ თეორიის მიხედვით იგულისხმება, რომ სითხე იდეალურია, ხოლო მისი მოძრაობა კი პოტენციური, ანუ გრიგალური შემადგენელი ნულის ტოლია $\text{rot} \bar{V} = 0$. ამ შემთხვევაში აღნიშნული ამოცანის ამოხსნა დაიყვანება მეორე რიგის კერძო წარმოებულთან დიფერენციალურ განტოლების ამოხსნამდე, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს

$$\frac{\partial^2 \varphi(x,z,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi(x,z,t)}{\partial z^2} = 0, \quad (6)$$

სადაც $\varphi(x, z, t)$ - სიჩქარის პოტენციალის ფუნქციაა.

ამ განტოლების ანალიზური ამონახსნი მიღებული იყო პროფ. თ. გველესიანის მიერ [3] შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობების შემთხვევაში

$$\begin{aligned} \varphi(x, z, t) &= \frac{\partial \varphi(x, z, t)}{\partial t} = 0, \text{ როცა } t = 0 \\ \frac{\partial \varphi(x, z, t)}{\partial x} &= V_1, \text{ როცა } X = 0 \text{ (1-1 უბნისათვის)} \\ \frac{\partial \varphi(x, z, t)}{\partial x} &= V_2, \text{ როცა } X = 1 \text{ (2-2 უბნისათვის)} \\ \frac{\partial \varphi(x, z, t)}{\partial z} &= 0, \text{ როცა } Z = -h \text{ (რეზერვუარის ფსკერზე)} \\ \frac{\partial \varphi(x, z, t)}{\partial z} + \frac{1}{g} \frac{\partial^2 \varphi(x, z, t)}{\partial t^2} &= 0, \text{ როცა } Z = 0, \text{ სადაც } h - \text{ არის} \end{aligned} \quad (7)$$

რეზერვუარის სიღრმე

(6) - (7) სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის შედეგად ანალიზურად განისაზღვრება $\varphi(x, z, t)$ ფუნქცია, რის შედეგად მოინახება ისეთი ჰიდროდინამიკური პარამეტრები, როგორცაა სიჩქარის მდგენელები

$$V_x(x, z, t) = \frac{\partial \varphi(x, z, t)}{\partial x}, \quad V_z(x, z, t) = \frac{\partial \varphi(x, z, t)}{\partial z}$$

და ტალღის პროფილები წყლის ზედაპირზე

$$\eta(x, t) = -\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi(x, z, t)}{\partial t}, \text{ როცა } Z = 0.$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც წყლით მოცემული არე რთული ფორმისაა, კერძოდ რეზერვუარში განლაგებულია ზემო აღნიშნული ტიპის ბარიერები, მაშინ ჰიდროდინამიკური ამოცანის ამოხსნის მიზნით ჩვენ გამოვიყენეთ რიცხვითი (სასრულ-სხვაობითი) მეთოდი (4).

დამუშავებულ იქნა კომპიუტერული პროგრამა და შესრულებულ იქნა კონკრეტული გათვლის მაგალითი.

8. კომპიუტერული შედეგების ანალიზი

კომპიუტერული შედეგების ანალიზი განხილულ იქნა ბრტყელი ამოცანის ჩარჩოებში კვადრატული ფორმის რეზერვუარი-სეპარატორი ზომებით 2×2 მ ($l=2$ მ, $h=2$ მ), რომელშიც განლაგებულია ორი - a და b ბარიერი (ნახ.2). წყლის შემოდინების და გადინების სიჩქარეები ტოლია $V_1 = V_2 = 5$ სმ/წმ = 0,05 მ/წმ. კომპიუტერული გათვლის შედეგები წარმოდგენილია ნახ.3 - ნახ.6-ზე. თითოეულ ამ ნახაზზე ნაჩვენებია საძიებელი ჰიდროდინამიკური პარამეტრები შემდეგი შემთხვევებისათვის:

- A) რეზერვუარში ბარიერები არ არის;
- B) რეზერვუარში განლაგებულია მხოლოდ b ბარიერი (a - ბარიერი არ არის);
- C) რეზერვუარში განლაგებულია ორივე, - a და b ბარიერი.

ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია წყლის ზედაპირზე ტალღური პროფილები აღნიშნული სამი შემთხვევისათვის, როდესაც წყლის მოძრაობის სტაციონარული რეჟიმი დამყარებული (შესაბამისი დროის მომენტი $t = 10$ წმ ტოლია). როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, მხოლოდ ორივე ბარიერის არსებობის პირობებში (c-შემთხვევა) წყლის ზედაპირის $a - b$ უბანზე

ტალღური მოძრაობა სრულებით ქრება, რაც მეტყველებს აგრეთვე, იმაზე რომ აღნიშნულ ზედაპირულ უბანზე წყლის სიჩქარე ნულის ტოლია.

ნახ. 4 - ნახ. 6-ზე A და B შემთხვევებში ზედაპირულ ზონაში სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელი $V_x \geq 0,5$ სმ/წმ, მაშინ როცა C-შემთხვევაში A-B უბანზე ვიღებთ, რომ $V_x \leq 0,5$ სმ/წმ, რაც ნავთობის ნაწილაკების ამოტივტივებას პრაქტიკულად ხელს არ შეუშლის.

ნახ. 4-დან ჩანს, რომ A და B შემთხვევებში ზედაპირულ ზონაში სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი იცვლება $\pm V_z = 0,5...5,0$ სმ/წმ ფარგლებში, ხოლო C შემთხვევაში ბარიერებს შორის ზონის უმეტეს ნაწილზე ადგილი აქვს ძალიან მცირე სიდიდის უარყოფით სიჩქარეებს ($-V_z \leq 0,5$ სმ/წმ), რაც პრაქტიკულად არ მოახდენს ამოტივტივების პროცესზე გავლენას. ამასთან, ამ ზონის გარკვეულ ნაწილში (A - ბარიერის უკან) წარმოიქმნება წყლის მოძრაობის დადებითი სიჩქარეები $V_z = 0,5...1,0$ სმ/წმ, რაც ხელს უწყობს ნავთობის ნაწილაკების ამოტივტივების ინტენსივობის გაზრდას (წყლის ეს ნაკადი თან წაიყოლებს ზედაპირისაკენ ნავთობის ნაწილაკებს).

9. დასკვნა

1. ამგვარად, ჩვენს მიერ კომპიუტერული ჰიდროდინამიკური ტესტირების შედეგად შერჩეულ იქნა ნავთობ სეპარატორში (რეზერვუარში) ტიხრების (ბარიერების) განლაგების პირობები, მათი ზომები და ფორმა;
2. კომპიუტერულმა გათვლებმა აჩვენა, რომ რეზერვუარში შემოდინების პროცესის დაწყებიდან დაახლოებით 10 წმ-ის შემდეგ წყლის მოძრაობის რეჟიმი ხდება სტაციონარული (დამყარებული);
3. ნავთობის თხიერი ნაწილაკების (წვეთების) ამოტივტივების პროცესს ადგილი ექნება აღნიშნულ ბარიერებს შორის განლაგებულ არეში. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ბარიერების განლაგების სისტემა, როგორც კომპიუტერული გათვლის შედეგები აჩვენებს, უზრუნველყოფს აღნიშნულ უბანზე წყლის მოძრაობის სიჩქარის, როგორც ჰორიზონტალურ, ასევე ვერტიკალურ მდგენელების მნიშვნელობების ათმაგ შემცირებას. ამასთან ამ „შემცირებული სიჩქარეების ზონა“ მოიცავს, როგორც მთელ ზედაპირულ $a - b$ უბანს (ნახ.2), ასევე მის ქვემოთ განლაგებულ სიღრმულ, ფართობით მნიშვნელოვან უბანსაც;
4. აღნიშნული ხელს უწყობს ნავთობის თხიერი ნაწილაკების ამოტივტივების ინტენსივობის გაზრდის ოპტიმალურ პირობებს, რის შედეგად სეპარატორიდან გამოდინებული წყალი ნავთობისაგან პრაქტიკულად გასუფთავებული იქნება;
5. ჰიდროდინამიკური მოდელირების ბაზაზე, კომპიუტერული ექსპერიმენტირების კვლევის მეთოდის გამოყენებით, შემუშავდა კომპაქტური გაბარიტების და ეფექტური

ქმედების ნავთობსეპარატორის კონსტრუქცია, რომელიც შეიძლება რეკომენდებულ იქნას საწარმოო გამოცდებისთვის „ნავთობსეპარატორის კომპაქტური კონსტრუქციის დამამზადებელი საწარმო“-ს შექმნის მიზნით.

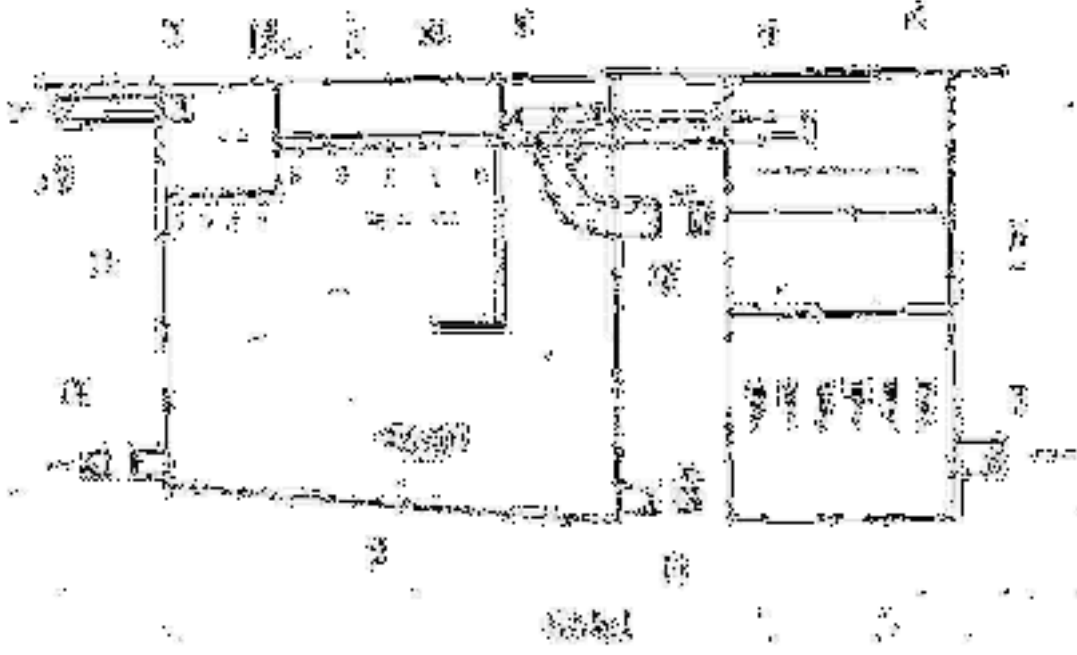
10. გამოყენებული ლიტერატურა

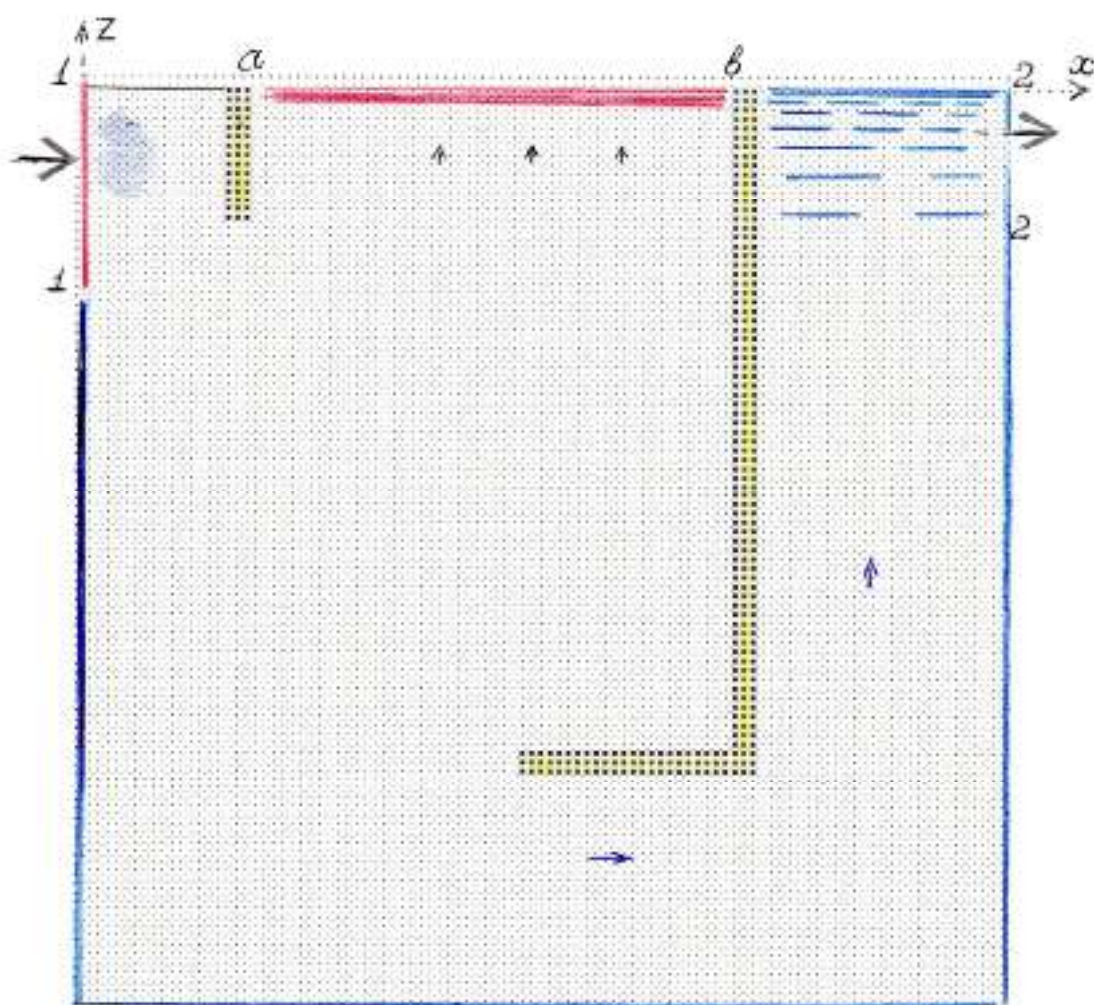
1. Ле Меотеб. Введение в гидродинамику и теорию воли на воде. Москва «Гидрометеоиздат» 1974,267 с.
2. Гвелესიანი Т.Л. Теория генерации воли в приложении к задачам гидроэкологии / Книга под ред. акад. АН Грузии У.Е.Мирцхулава., Предисловие проф.Бен-Амо (Израиль)/ Изд. “ Univers” Тбилиси,2009,246 стр.
3. Гвелესიანი Т.Л., Джгამაძე Н.О. и др. О математических моделях для исследования волнообразования в водохранилищах. АН СССР. Математическое моделирование.т.3,№5 Москва 1991
4. Кюнж Ж.А., Холли Ф.М.,Вевей А. Численные методы в задачах речной гидравлики. Москва, Энергоатомиздат, 1985,225 стр.

11. დანართი–ნახაზები:

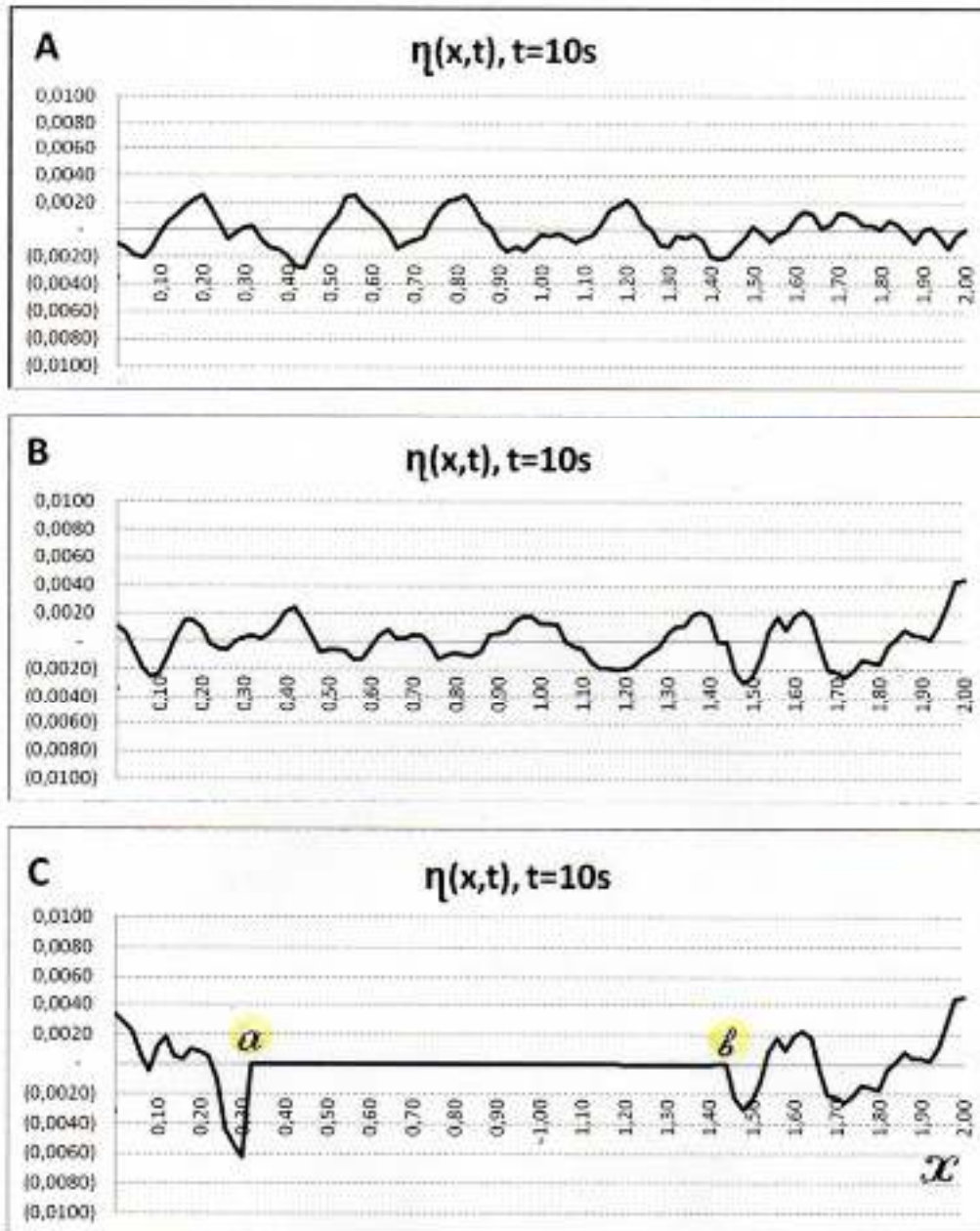
ARCHITECTURE

GENERAL CONTRACTOR



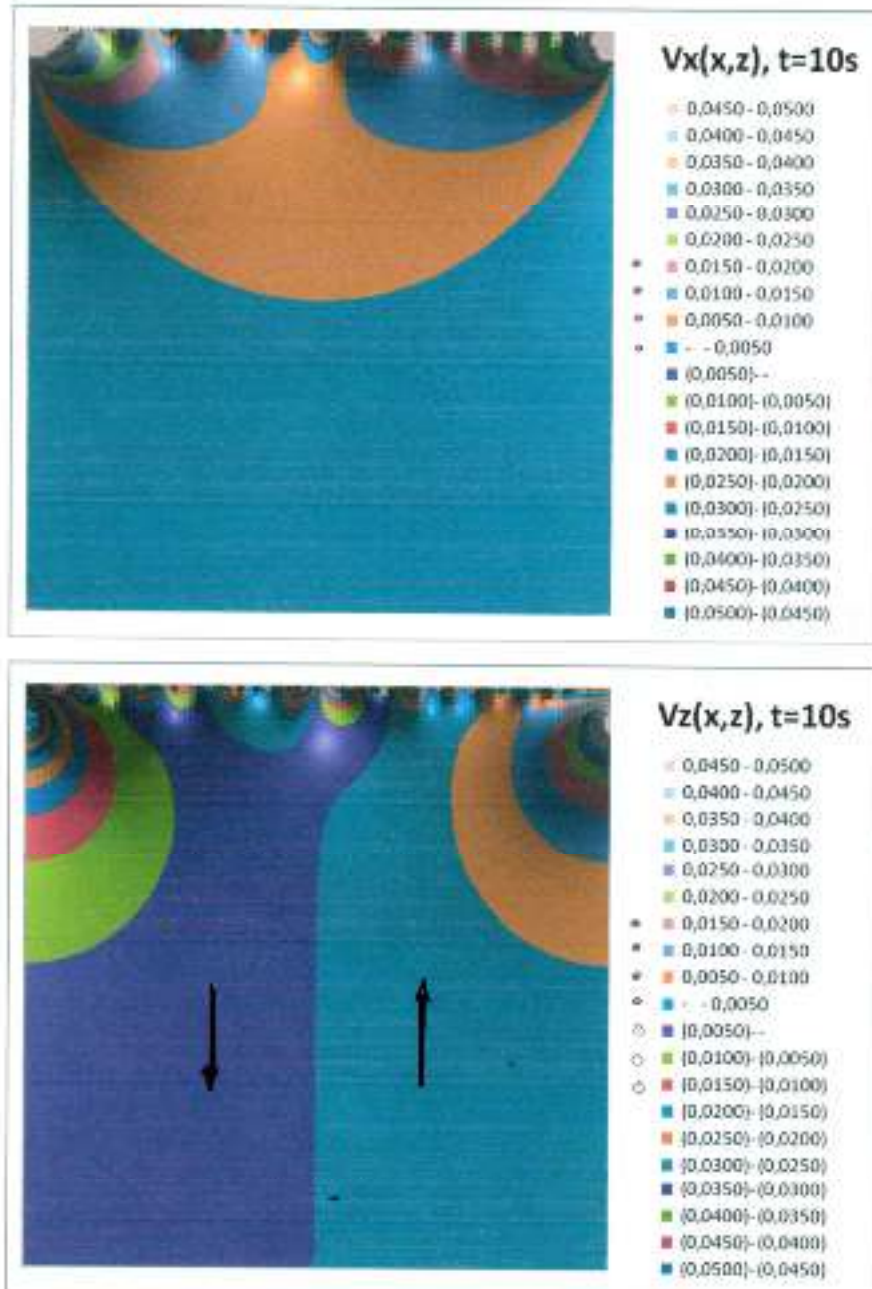


ნახ.2. საანგარიშო სქემა ნათომბსეპარატორში ჰიდროდინამიკური პროცესის შესწავლის მიზნით a და b ბარიერების განლაგების შემთხვევაში.



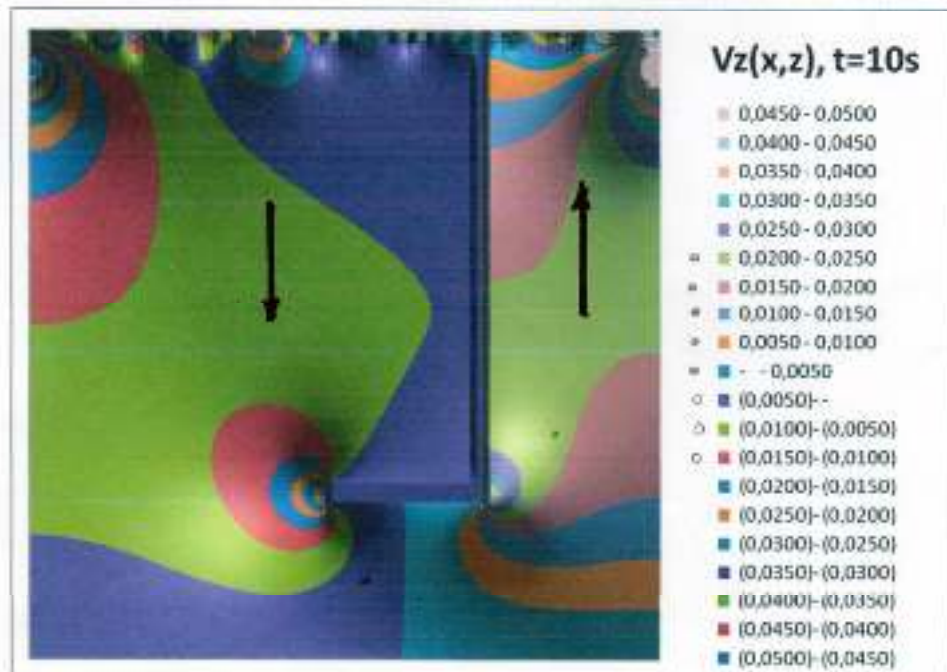
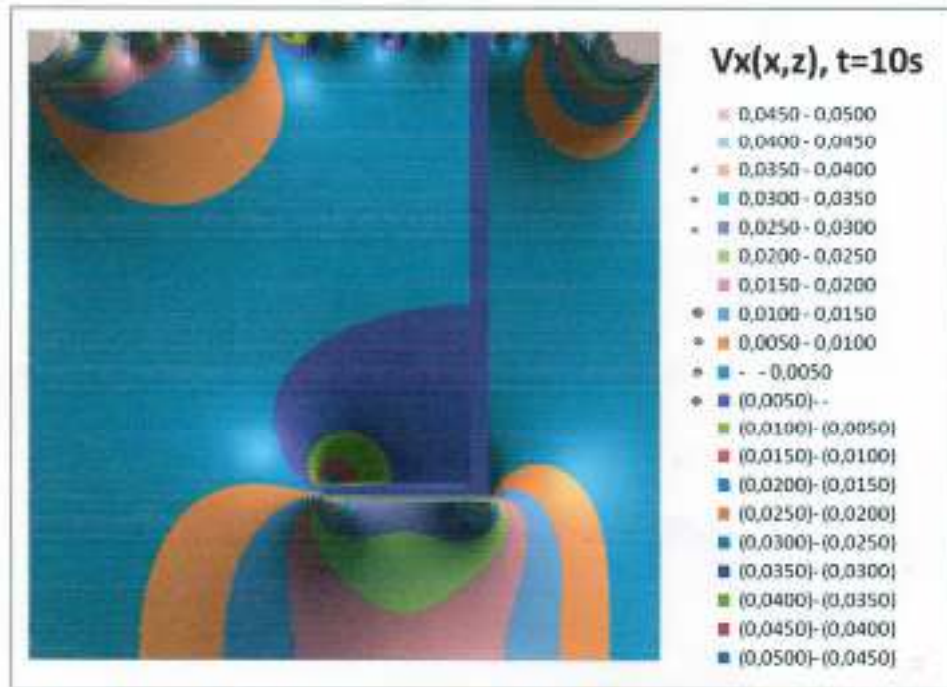
ნახ.3. ნავთობსეპარატორის ზედაპირზე წარმოქმნილი ტალღური პროცესები სითხის შემოდინებისა და გადინების შედეგად სხვადასხვა შემთხვევაში:
 A) მარიერები არ არის B) განლაგებულია მხოლოდ ერთი b -მარიერი
 C) განლაგებულია ორივე a და b მარიერი

A



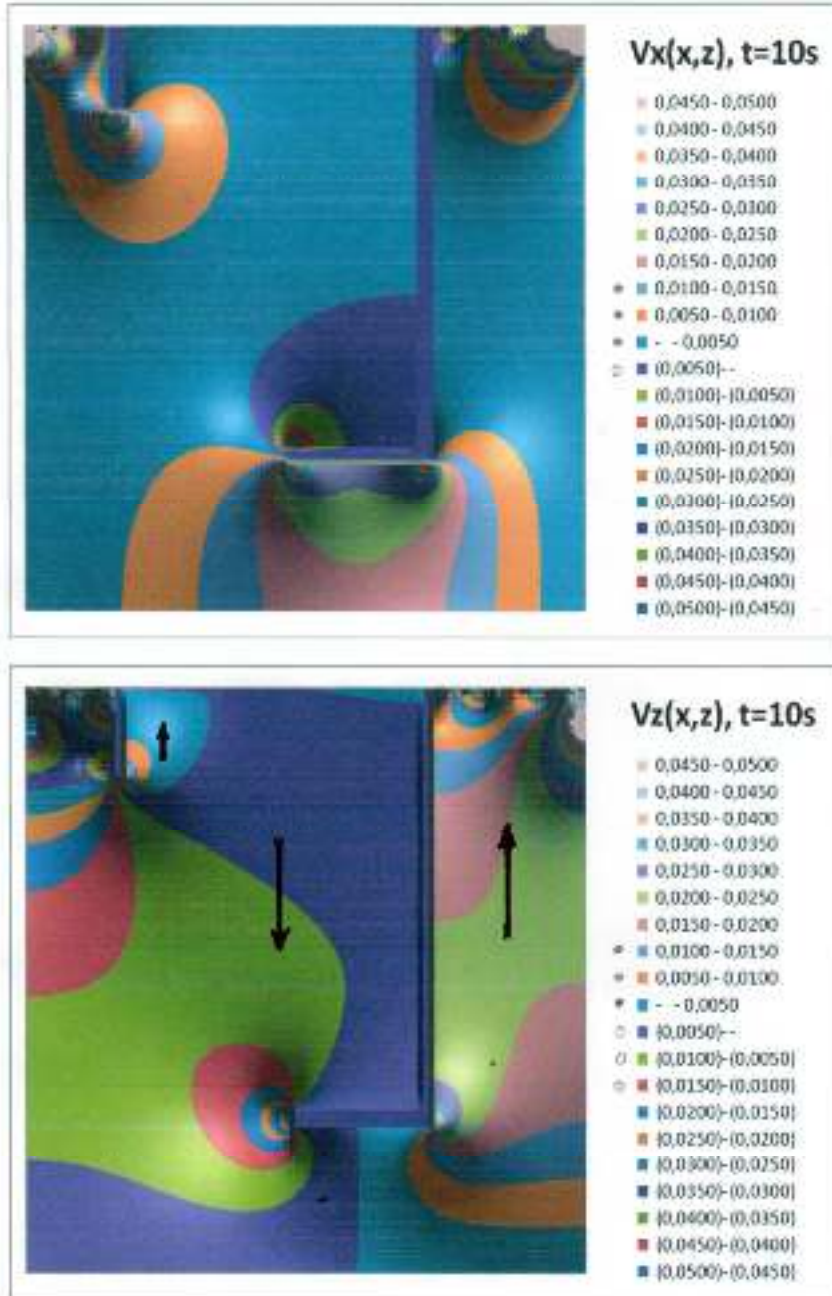
ნახ.4. სიბინის მოძრაობის სიჩქარის V_x და V_z მდგენელების მნიშვნელობები (სიჩქარეთა ველები) იმ შემთხვევაში, როდესაც სეპარატორში ბარიერები არ არის განლაგებული

B



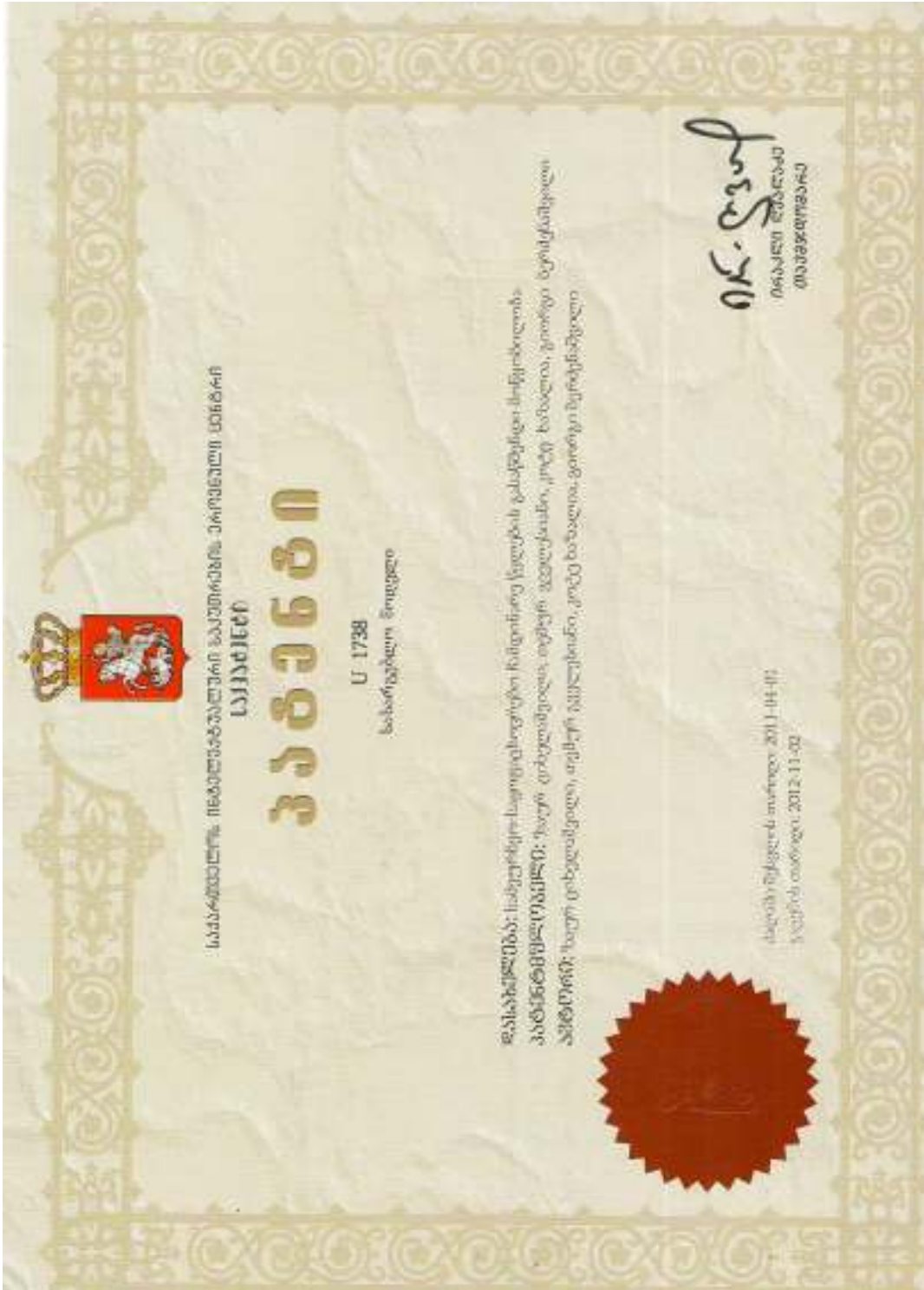
ნახ.5. სითბის მოძრაობის სიჩქარის V_x და V_z მდგენელების მნიშვნელობები (სიჩქარეთა ველები) იმ შემთხვევაში, როდესაც სეპარატორში განლაგებულია მხოლოდ ხ-ბარიერი.

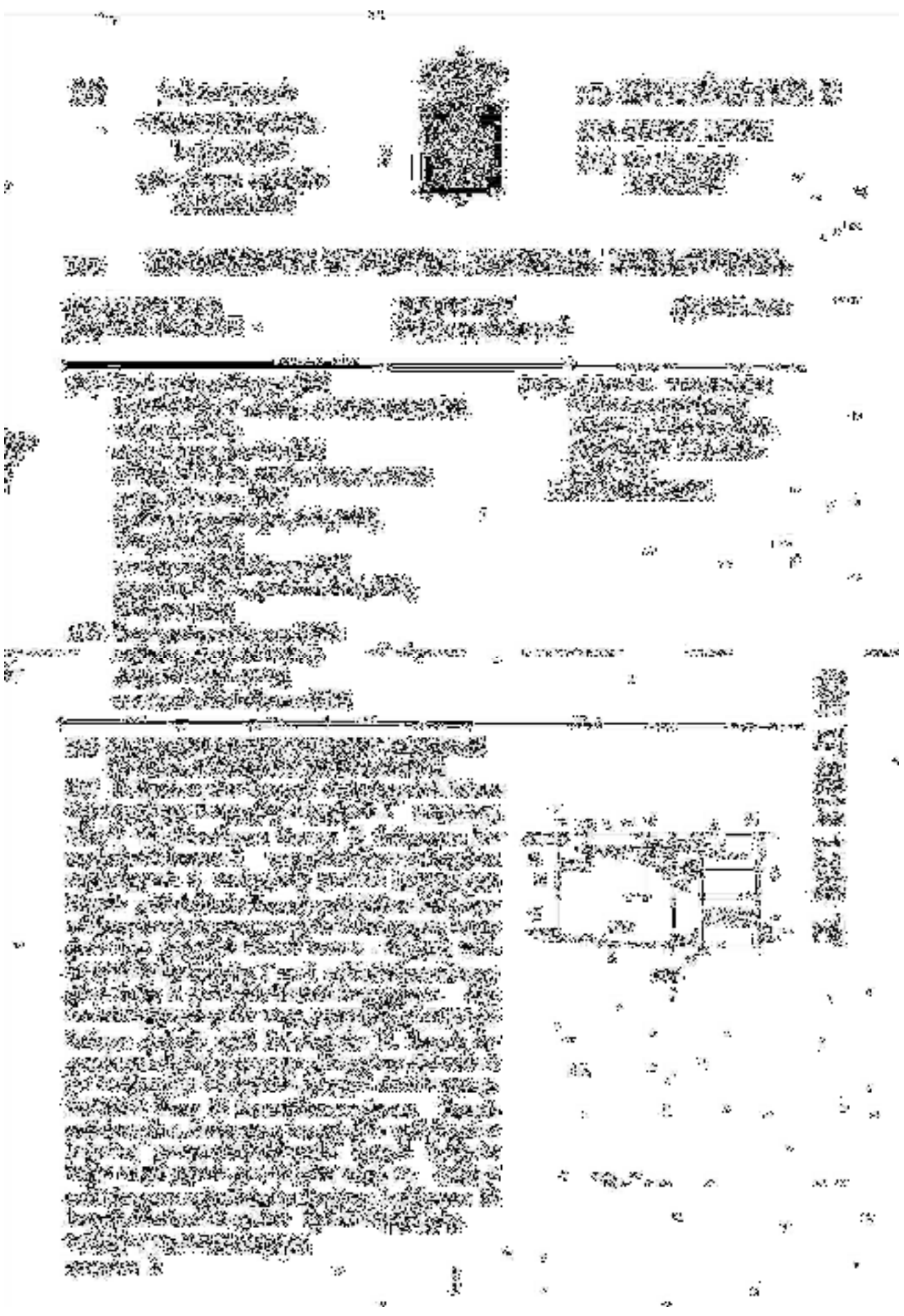
C



ნახ.6. სითბის მოძრაობის სიჩქარის V_x და V_z მდგენელების მნიშვნელობები (სიჩქარეთა ველები) ამ შემთხვევაში, როდესაც სეპარატორში განლაგებულია a და b ჩარიერები.

12. დანართი-პატენტი:





1950-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100

1950-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100

1950-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100

1950-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100

1950-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100

1950-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100

1950-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100

செய்துள்ளன... (faded text)

செய்துள்ளன... (faded text)

செய்துள்ளன... (faded text)

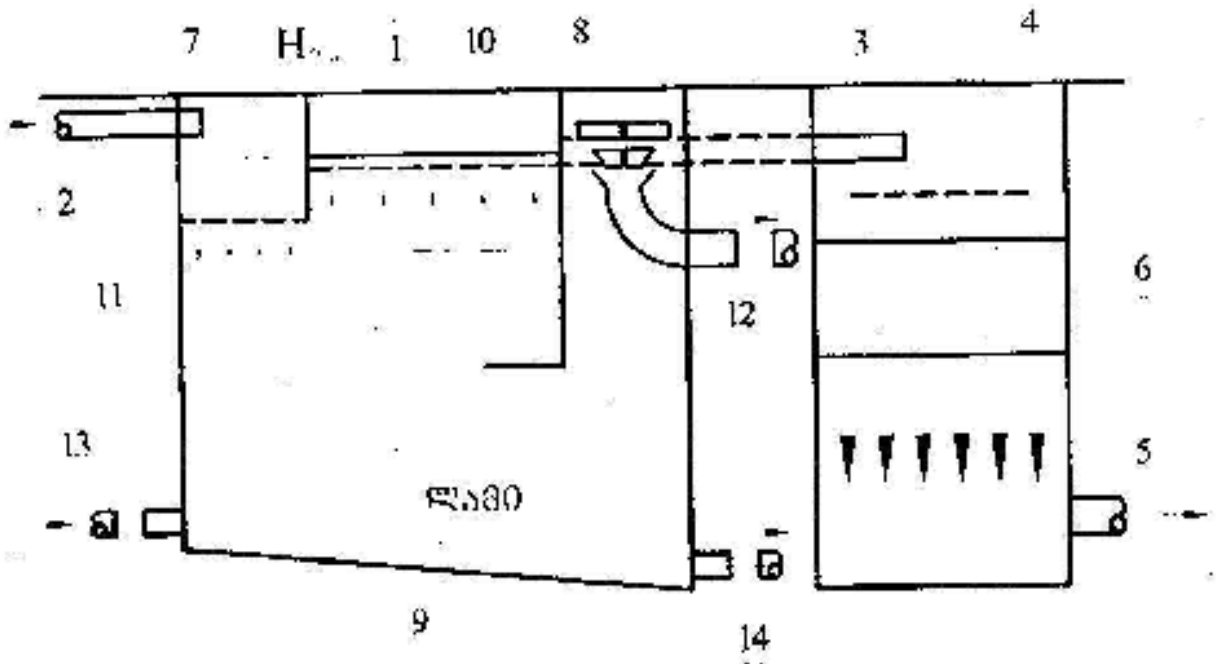
செய்துள்ளன... (faded text)

செய்துள்ளன... (faded text)

செய்துள்ளன... (faded text)

செய்துள்ளன... (faded text)

ნავთობპროდუქტების დამჭერი მოწყობილობა



ნაბ.1