

(19) საქართველოს  
ინტელექტუალური  
საკუთრების  
ეროვნული ცენტრი  
საქპატენტი



(11) **GE P 2015 6272 B**  
(10) AP 2014 13108 A  
(51) Int. Cl. (2006)  
**F 03 B 3/00**  
**F 03 B 3/12**

(12) **ბამობონეპაზე პატენტის აღწერილობა**

(21) AP 2013 13108  
(44) 2014 12 25 №24

(22) 2013 06 05  
(45) 2015 04 14 №7

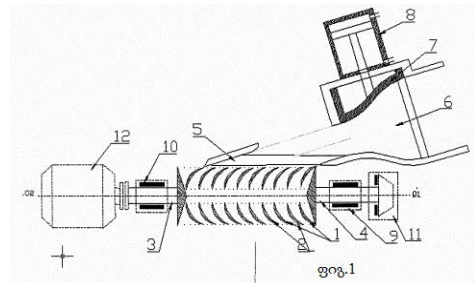
(24) 2013 06 05

(73) ლევან ნიკოლაძე (GE)  
ქ. შარტავას ქ. 35, ბ.18, 0160,  
თბილისი (GE);  
ვიახესლავ ზაგორუიჩენკო (GE)  
ქ. შარტავას ქ. 35, ბ.18, 0160,  
თბილისი (GE)  
(72) ლევან ნიკოლაძე (GE);  
ვიახესლავ ზაგორუიჩენკო (GE)

(56) RU46816, 27.07.2005,  
F03B7/00

(54) **ხრახნული ტურბინა**

(57) ტურბინა შეიცავს სპირალურ ფრთებს 1, ორ თანადერძულ ლიდვს 3 და 4 მიღტუჩებით, რომელზეც მიდუღებულია ფრთები. ამასთან, ფრთის პროფილი რადიალურ კვეთში შესრულებულია რკალისებურად, რომლის გარე რადიალური ბოლო ქმნის გაანგარიშების კუთხეს  $\alpha_2$  ტურბინის ღერძთან გარე დიამეტრზე, ხოლო პროფილის შიგა რადიალური ბოლო პერპენდიკულარულია ტურბინის ღერძის მიმართ შიგა დიამეტრზე. ამასთან, ტურბინა აღჭურვილია მიმღებ-მანაწილებელი კამერით 5, რომელსაც აქვს მიმმართველი ფრთები 14. მუხლები: 1 დამოუკიდებელი ფიგურა: 5



**GE P 2015 6272 B**

## ბამობონეპაზე პატენტის აღწერილობა

ხრახნული ჰიდროტურბინა განეკუთვნება ჰიდროენერგეტიკის სფეროს და მისი დანიშნულებაა წყლის ენერჯის ლილვის ბრუნვის მექანიკურ ენერჯიად გარდაქმნა შემდგომი გარდაქმნით ელექტრულ ენერჯიად. ტურბინის მუშა თვალში შემავალი წყლის ენერჯის მიხედვით ტურბინები იყოფა რეაქტიულ ტურბინებად, რომლებშიც წყლის ენერჯიას აქვს პოტენციური და კინეტიკური შემდგენები, და აქტიურ ტურბინებად, რომლებშიც წყლის ენერჯიას აქვს მხოლოდ კინეტიკური შემდგენი.

აქტიური ტურბინებიდან დიდი დაწნევის პირობებში ყველაზე ფართო გამოყენება აქვს ჩამჩიან ტურბინებს. ჩამჩიანი ტურბინა შედგება ფერსოსგან, რომელზეც მიმაგრებულია ჩამჩები. საქშენიდან ჭავლის სახით გამოძავალი წყალი მიეწოდება ჩამჩებს ფერსოს წრეხაზის მიმართ ტანგენციურად, სადაც ხდება სიჩქარის ფარდობითი შემდგენის შემობრუნება 180 გრადუსით, რის შედეგადაც ჩნდება მცირე ღერძული შემდგენი, რომლის ხარჯზეც ხდება წყლის გამოსვლა ღერძის ორივე მხარეს.

წყლის რეაქცია ტანგენციური შემდგენის 180 გრადუსით შემობრუნების ხარჯზე წარმოქმნის ძალას, რომელიც მოქმედებს ჩამჩაზე და წარმოქმნის მომენტს ტურბინის ლილვზე. სპირალური კამერის, მიმმართველი აპარატის, გამწოვი მილის არარსებობა ამცირებს დანადგარის ღირებულებას, თუმცა, დაწნევის ნაწილის გამოუყენებლობა, განპირობებულია მუშა თვლისა და საქშენების აწევით ქვედა ბიეფის დონის ზევით, და გამოძავალი წყლის სიჩქარის გაზრდილი დანაკარგები იმის გამო, რომ არ ხდება მისი სიჩქარის დიფუზიური შემცირება გამწოვ მილში, ასეთი ტურბინების გამოყენებას რენტაბელურს ხდის მხოლოდ დიდი დაწნევის შემთხვევაში.

გარდა ამისა, მუშა თვალში აქტიურ ელემენტებს წარმოადგენს მხოლოდ ჩამჩები და არა მუშა თვლის მთლიანი განივი კვეთი. ამიტომ თვლის დიამეტრი სხვა ტიპის ტურბინებთან შედარებით დაწნევის იმავე პარამეტრების შემთხვევაში უფრო დიდი გამოდის. ჩამჩის წრიული სიჩქარე შეზღუდულია ჭავლის სიჩქარის დაახლოებით ნახევრით, განსხვავებით ფრთიანი ტურბინებისგან, რომლებშიც წრიული სიჩქარე შეიძლება იყოს გაზრდილი ნაკადის მიმართ ფრთის დახრის კუთხის შემცირების ხარჯზე. ამიტომ ტურბინის ბრუნთა რიცხვი წუთში გამოდის შედარებით მცირე, რაც ახდენს გავლენას გენერატორის მოცულობასა და ღირებულებაზე.

როგორც ცნობილია ელექტრული მანქანების თეორიიდან, მაგნიტური ინდუქციისა და ხაზური დენური დატვირთვის მოცემული მნიშვნელობების შემთხვევაში გენერატორის მოცულობა მცირდება ბრუნთა რიცხვის გაზრდის თითქმის პროპორციულად. ცნობილია ჰიდროტურბინა ხრახნული ფრთით, რომელსაც აყენებენ უშუალოდ მდინარის ნაკადში წყლის კინეტიკური ენერჯის გამოსაყენებლად. ფრთის პროფილი რადიალურ კვეთაში ბრტყელია, ხოლო კორპუსის მიმართველი მიმართავს წყლის ნაკადს ტურბინის ღერძზე უფრო ქვევით, რომელიც მოთავსებულია ნაკადის განივად. ფაქტობრივად ამ მოდელში გამოყენებულია წყლის ნაკადის ტურბინის ღერძის განივად გადინების იდეა, რაც იძლევა სიმძლავრის გაზრდის შესაძლებლობას არა დიამეტრის, არამედ ტურბინის სიგრძის გაზრდის ხარჯზე.

ფრთის ხრახნული ხასიათი კი ხრახნის სვლის მცირე მნიშვნელობის შემთხვევაში იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ ფრთის წრიული სიჩქარე აღემატებოდეს ნაკადის სიჩქარეს.

ცნობილის ანალიზმა აჩვენა, რომ მას აქვს არსებითი ნაკლოვანებები. იმისთვის, რომ დანაკარგები ფრთის გარსშემოდენისას მინიმალური იყოს, შემაჯავლი ნაკადის სიჩქარეს ფრთის მიმართ უნდა ჰქონდეს იგივე მიმართულება, რაც ფრთის პროფილის ფრონტალური უბნის მიმართველებს. ჰიდროენერგეტიკაში ამას უწოდებენ დარტყმის გარეშე შესვლას. მბრუნავ ხრახნში ფრთის ზედაპირის ყველა წერტილი ზედაპირზე მოსრიალე სითხის მიმართ მუდმივად გადაინაცვლებს ღერძზე ხრახნის სვლის მიმართულებით, რაც სითხეზე ზემოქმედების თვალსაზრისით იმის ეკვივალენტურია, რომ ხრახნულ ფრთას ჰქონდეს ღერძული სიჩქარე.

ცნობილის მუშაობის პროცესში ფრთის სუფთა განივი გარსშემოდენისას არ მიიღება მხედველობაში ცხადი ღერძული ხრახნული სიჩქარე და შედეგად მიიღება წყლის შესვლა დარტყმებით, დიდი დანაკარგებით. გარდა ამისა, გამოიყენება ღერძის ქვემოთ მდებარე კვეთი, ამასთან, ნაკადის სიჩქარე ქვედა ნაწილში ფრთის ხრახნული დახრის ზემოქმედებით გადაიხრება ძალიან უმნიშვნელოდ და სიმაღლის მიხედვით არათანაბრად, რამაც არ შეიძლება გამოიწვიოს ნაკადისაგან სიმძლავრის მნიშვნელოვანი ართმევა.

ვინაიდან ცნობილს არ შეიძლება ჰქონდეს მაღალი ქმედების კოეფიციენტი, მისი გამოყენება შეუძლებელია იქ, სადაც დაწნევა იქმნება ჰიდრონაგებობებით, მაგალითად, კაშხლით, დერივაციით.

ეს ჰიდრონაგებობები საკმაოდ ძვირად ღირებულია და იმისათვის, რომ პროექტი რენტაბელური იყოს, აუცილებელია წყლის ენერჯის მაქსიმალურად სრულად გამოყენება მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტით.

ამიტომ ჩვენ მიზნად დავისახეთ ისეთი ტურბინის შექმნა, რომელსაც, ერთი მხრივ, ექნებოდა აქტიური ტურბინების, კერძოდ, ჩამჩიანი ტურბინების ყველა უპირატესობა, და, მეორეს მხრივ, იმავე სიმძლავრის შემთხვევაში ექნებოდა უფრო დიდი სწრაფბრუნვა, ნაკლები გაბარიტული მოცულობა და უფრო მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტი დაბალი დაწნევის დროს, რაც მნიშვნელოვნად გააფართოებდა მისი გამოყენების სფეროს.

გამოგონების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ხრახნული ტურბინა შეიცავს სპირალურ ფრთებს, ორ თანადერძულ ლილვს მილტუჩებით, რომელზეც მიდუღებულია ფრთები, ტურბინის ორ საკისარს, ერთ საქუსლეს, ამასთან, ფრთის პროფილი რადიალურ კვეთში შესრულებულია რკალისებურად, რომლის გარე რადიალური ბოლო ქმნის გაანგარიშების კუთხეს ტურბინის ღერძთან გარე დიამეტრზე, პროფილის შიგა რადიალური ბოლო პერპენდიკულარულია ტურბინის ღერძის მიმართ შიგა დიამეტრზე, ამასთან, ტურბინა აღჭურვილია მიმღებ მანაწილებელი კამერით, რომელსაც აქვს მიმმართველი ფრთები.

გამოგონება წარმოდგენილია 5 ფიგურით, სადაც

- ფიგ. 1 – მოყვანილია ტურბინის საერთო ხედი;
- ფიგ. 2 – ტურბინის ფრთის გრძივი ჭრილი;
- ფიგ. 3 – ტურბინის განივი ჭრილი;
- ფიგ. 4 – ორფრთიანი ხრახნული ტურბინა;
- ფიგ. 5 – ხრახნული ტურბინის ფრთა.

ხრახნული ტურბინა შეიცავს: ერთ, ან რამდენიმე სპირალურ ფრთას 1 და 2; ორ თანადერძულ ლილვს 3 და 4 მათზე მიდუღებული კონუსური მილტუჩებით, ლილვები მოთავსებულია საკისრებში 9 და 10; მიმღებ მანაწილებელ კამერას 5; ჭავლის წარმომქმნელ რეგულირებად კონფუზორულ საქშენს 6, რომელიც შეიცავს მოძრავ ზედა მიმმართველს 7; რეგულირებისთვის საქშენში მოთავსებულია სერვოდრავა 8.

ტურბინის ლილვი დაკავშირებულია გენერატორთან 12.

კონსტრუქციაში გათვალისწინებულია ტურბინის ორი საკისარი 9 და 10 (ფიგ. 1).

ტურბინაზე მოქმედი ღერძული ძალის მისაღებად გათვალისწინებულია საქუსლე 11 (ფიგ. 1).

ტურბინის ერთ-ერთი ნახევარლილვი აბრუნებს გენერატორს 12 (ფიგ. 1).

ხრახნული ფრთის სხეული წარმოქმნილია კარგად გარსშემოდენადი რკალისებრი პროფილის ბრუნვით ტურბინის ღერძის გარშემო მისი ერთდროული წანაცვლებით ღერძის მიმართულებით. ეს პროფილი ნაჩვენებია ფრთის რადიალურ კვეთში ფიგ. 2. ცენტრთან ახლოს მისი მიმართველები (ფიგ. 2) ღერძის მიმართ პერპენდიკულარულია, ხოლო ტურბინის გარე დიამეტრთან პროფილის მიმართველებს ღერძთან აქვს კუთხე (ფიგ. 2), რომელიც გამოითვლება ტურბინაში დარტყმის გარეშე წყლის შესვლის პირობიდან გამომდინარე. ფრთები ბოლოებზე თანაბრად არის მიღუღებული ნახევარლიწვების მიღტუჩებთან. ტურბინის საკისრები განლაგებულია ტურბინის ორი მხრიდან, საქუსლე და გენერატორი, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით, შეიძლება იყოს განთავსებული ტურბინის ნებისმიერი მხრიდან.

წყალი შედის დაწნევით მცირე სიჩქარით რეგულირებად კორფუზორულ საქშენში, სადაც ხდება ნაკადის მღოვრე შევიწროება და მისი სიჩქარის გაზრდა, რეგულირების შესაძლებლობის უზრუნველსაყოფად გათვალისწინებულია მოძრავი ზედა მიმმართველი, რომელიც იმართება სერვოდრავათი. ცხადია, რომ შესაძლებელია ამძრავისა და კონფუზორში ნაკადის რეგულირების სხვა სისტემების არსებობა, მაგრამ მნიშვნელოვანია ის, რომ გამომაგალი ნაკადი იცვლებოდეს მხოლოდ სიმაღლის მიხედვით, ვინაიდან სხვაგვარად მიმღებ-მანაწილებელი კამერა (ფიგ. 3) არასწორად იმუშავებს. ამ კამერის ფუნქცია მდგომარეობს შემდეგში: წყალი გამოდის საქშენიდან ბრტყელი ნაკადის სახით. ასეთი სახით ნაკადის განაწილება მუშა თვალში წყლის შესვლის რკალზე ისეთნაირად, რომ შესასვლელის თითოეულ წერტილში სიჩქარის რადიალური და ტანგენციური შემდგენები წარმოადგენდეს ერთნაირ გამოთვლილ მნიშვნელობებს, შეუძლებელია და ამიტომ მთელ რკალზე ტურბინაში წყლის შესვლა არ მოხდება დარტყმების გარეშე.

მიმღებ-მანაწილებელ კამერას აქვს ორი გვერდითი მიმმართველი 13 და ორი (ან რამდენიმე) შუალედური მიმმართველი ფრთა 14, რომლებიც ნაკადის სიჩქარის ღერძული შემდგენისა და ნაკადის აბსოლუტური სიჩქარის შეუცვლელად გადაამისამართებენ რადიალურ და ტანგენციურ შემდგენებს ისე, რომ ისინი ერთნაირები იყოს შემავალი რკალის მთელ სიგრძეზე.

როგორც აჩვენებს მუშა თვლის შიგნით წყლის მოძრაობის ანალიზი, წყლის გამოსვლა ხდება რკალით, რადიალური შემდგენის დაახლოებით თანაბარი განაწილებით. ეს იძლევა, გამოსასვლელი დანაკარგების შეზღუდვის მიხედვით მოცემული სიჩქარეების შემთხვევაში, გამოსასვლელზე დიდი ხარჯის მიღების შესაძლებლობას. ნაკადის შესვლისას მუშა თვალში და წყლის მოძრაობისას ფრთის

მრუდხაზოვან მიმმართველებზე ხდება სიჩქარის ყველა შემდგენის რთული ცვლილება.

ნაკადის ფარდობითი დერძული შემდგენი, რომელიც ტურბინის დერძული აბსოლუტური შემდგენისა და ხრახნული სიჩქარის სხვაობის ტოლია, თანდათანობით გადადის რადიალურ შემდგენში (ნაკადის შუა ხაზზე). ფრთიდან დერძის მიმართ პერპენდიკულარული მიმმართველით გამოსვლისას ფარდობითი დერძული სიჩქარე ნულის ტოლია.

შემდგომში ნაკადი (შუა ხაზით) გადის ტურბინის თავისუფალ ნაწილს და ტურბინის საწინააღმდეგო მხრიდან გადადის ფრთების უბნებზე, სადაც რადიალური შემდგენი შემობრუნდება დერძულ, მაგრამ საწინააღმდეგოდ მიმართულ შემდგენში. ტურბინიდან გამოსასვლელზე ფარდობითი დერძული შემდგენი მობრუნებულია შემაგალი დერძული შემდგენის მიმართ 180 გრადუსით. სწორი გაანგარიშების შემთხვევაში იგი უნდა იყოს ფრთის ხრახნული სიჩქარის ტოლი. ამასთან, აბსოლუტური დერძული სიჩქარე უტოლდება ნულს, ხოლო ნაკადის შემაგალი დერძული სიჩქარის ენერგია გადადის ტურბინის ლილვის ბრუნვის ენერგიაში.

ტურბინის ფრთები, რომლებიც აბრუნებს ნაკადის დერძულ სიჩქარეს 180 გრადუსით, ანალოგიურად ასრულებს იმავე ფუნქციას, რასაც ასრულებს ჩამჩა ჩამჩიან ტურბინაში, ხოლო ტურბინის ხრახნული სიჩქარე ჩამჩის წრიული სიჩქარის ანალოგიურია. ნაკადის შემობრუნება ქმნის რეაქციას, რომელიც წარმოქმნის ფრთის ზედაპირზე მოქმედ დერძულ ძალას. ვინაიდან ფრთის ზედაპირს აქვს ხრახნული დახრა, საერთო ძალის დაშლაში ჩნდება ტანგენციური შემდგენი, რომელიც ტურბინის ლილვზე ქმნის მომენტს.

ერთდროულად, ძალის იგივე ტანგენციური შემდგენი მოქმედებს ნაკადზე და უქმნის მას სიჩქარის ტანგენციურ შემდგენს ისეთივე, მაგრამ უკუმიმართული მომენტით. ამიტომ გამომავალ ნაკადს ექნება სიჩქარის ტანგენციური შემდგენი, რომელიც გამოიწვევს დამატებით დანაკარგებს. მათ შესამცირებლად აუცილებელია, რომ შემაგალ სიჩქარეს ჰქონდეს ტანგენციური შემდგენი, მიმართული ტურბინის ბრუნვის მიმართულებით.

ცენტრიდანული ძალების წარმოქმნა ზრდის წნევას ფრთის ამოზნექილ ნაწილთან და ამცირებს სიჩქარეს ფსკერთან. ამასთან, საშუალო სიჩქარე მცირდება, ხოლო ნაკადის სიმაღლე იზრდება. ანალიზმა აჩვენა, რომ შესაძლებელია ორი რეჟიმი:

პირველ რეჟიმში ხდება ნაკადის მოწყვეტა მომიჯნავე ფრთის ამოხნეკილი ზედაპირიდან და მოძრაობა ფრთის ჩაზნეკილ ზედაპირზე. ამ რეჟიმში მობრუნებით და ფრთის ზედაპირზე წყლის ხახუნით განპირობებული დანაკარგები ნაკლებია.

მეორე რეჟიმში ნაკადი თავიდანვე ეხება ორ ფრთას. ამ რეჟიმში წნევის ამალღებით შესასვლელთან შესაძლებელია ნატბორის არსებობა. უნდა იყოს გათვალისწინებული, რომ სუფთა მოწყვეტის რეჟიმის გაანგარიშებისას ნაკადის სიმაღლე შემდგომი მოძრაობის დროს შეიძლება გაიზარდოს როგორც რადიალური შეკუმშვის ხარჯზე, ისე ძალების ცენტრიდანულ ველში ნაკადის სიმაღლის ამალღების ხარჯზე, და შესაძლებელია მეორე ფრთის შეხება.

ორივე რეჟიმისათვის დამახასიათებელია ისეთი ეფექტი, როგორცაა ნაკადის განღვრა თავისი კიდეებისკენ. ცენტრიდანული ძალები ქმნის წნევის გრადიენტს ხაზით, რომელიც იწყება ნაკადის ზედა ზედაპირიდან და გადის გვერდითი ზედაპირებისკენ, სადაც წნევა ატმოსფერულია. წნევის დამატებითი გრადიენტი ნაკადის შუა ნაწილიდან კიდეებისკენ წარმოიქმნება, როდესაც ნაკადი ეხება მომიჯნავე ფრთას.

ჩვენ მიერ თანამიმდევრობითი მცირე ინტერვალების მეთოდის გამოყენებით კომპიუტერზე პროგრამაში Excel გაანგარიშებული იყო წყლის მოძრაობის ტრექტორიები ნაკადის შუა ხაზით და კიდური ხაზებით კიდური განღვრისა და ფრთების ზედაპირზე ხახუნით განპირობებული დანაკარგების გათვალისწინებით. გაანგარიშება ჩატარდა სხვადასხვა შესასვლელი პარამეტრისათვის ნაკადის წყვეტილი დინებით. შესასვლელზე იმ ტანგენციური მომენტის ნახევრის კომპენსაციისას, რომელსაც იძენს წყალი რეაქციის გამო ტურბინის ლილვზე მომენტის შექმნისას, ნაკადს შუა ხაზზე ფრთების პირველი უბნიდან გამოსვლისას აქვს მხოლოდ რადიალური შემდგენი და იგი მიედინება ტურბინის ცენტრის გავლით.

კიდებში ნაკადი თავიდან ცოტათი ვიწროვდება იმის ხარჯზე, რომ რადიალური შემდგენები მიმართულია ცენტრისკენ, ხოლო შემდეგ იზრდება განღვრით განპირობებული ტანგენციური შემდგენი. ნაკადის კიდური სიჩქარის მობრუნების კუთხე მუდმივად იზრდება გასასვლელისკენ და ნაკადი უხვევს გასასვლელისკენ ისე, რომ ვერც კი ასწრებს ფრთების პირველი უბნიდან გამოსვლას.

სიჩქარის შემდგენები გამოსასვლელზე ცოტათი განსხვავდება სიჩქარის შემდგენებისგან ნაკადის გამოსვლისას შუა ხაზზე, რაც მნიშვნელოვნად ვერ იმოქმედებს დანაკარგებზე. ამასთან, ჩვენს შემთხვევაში შემავალი რკალის კუთხე შეადგენდა 140 გრადუსს და დაახლოებით ასეთივე მიიღებოდა გამოსასვლელზე, რაც უზრუნველყოფთა ტურბინის კარგ გამტარუნარიანობას. ჰიდროტურბინაში

საერთო ჰიდრაულიკური დანაკარგები შეადგენდა ნაკადის შემავალი სიმძლავრის 8-12%-ს (როდესაც რენოლდის გასაშუალებული რიცხვი იყო 10<sup>6</sup>).

მექანიკურ სიმტკიცეზე ფრთების გაანგარიშებისას მნიშვნელოვან უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ ფრთის რკალისებრ პროფილს აქვს ღუნვისადმი გაზრდილი წინაღობა, ხოლო ფრთის სპირალური დაგრეხილობა ზღუდავს იმ ძალების მხარს, რომლებიც პროფილში ქმნის მომენტს.

ეს უპირატესობა განსაკუთრებით ჩანს, თუ ჩვენს ტურბინას შევადარებთ პროპელერულ ან საბრუნფრთიან ტურბინებს. ერთი და იმავე საერთო სიგრძისა და ერთნაირი ძალური დატვირთვის შემთხვევაში მომენტი ფრთის პროფილში ფუძესთან ახლოს ფრთიანს ექნება ბევრად უფრო დიდი, ვიდრე ხრახნულს, ვინაიდან გაშლილ სიგრძეს აქვს ძალის მომენტის შემქმნელი უფრო დიდი მხარი, ვიდრე დაგრეხილ სპირალს, რომლის მხარი არ შეიძლება იყოს ნაგრეხის დიამეტრზე მეტი.

შეფასებითმა გაანგარიშებებმა აჩვენა, რომ ხრახნული ტურბინის სიგრძე, ფრთების სიმტკიცის პირობის გათვალისწინებით, შეიძლება 6-10-ჯერ აღემატებოდეს მუშა თვლის დიამეტრს. ეს იძლევა იმავე ხარჯის პირობებში გამოსასვლელი სიჩქარის შემცირების შესაძლებლობას სიგრძის გაზრდით და, შესაბამისად, გამოსასვლელი კვეთის ფართობის გაზრდით.

ამასთან, გამოსასვლელი სიჩქარის შემცირებით ძალური კუთრი დატვირთვა სიგრძის ერთეულზე შემცირდება, ხოლო სიგრძისაგან მხარის დამოუკიდებლობის გათვალისწინებით ფრთების კვეთებში მომენტები დარჩება იგივე. ზემოაღნიშნული გარკვეულწილად იძლევა ჩამჩიანი ტურბინის ამ ნაკლოვანების თავიდან აცილების შესაძლებლობას, რომლის დანაკარგები გამოსასვლელ სიჩქარეზე ვერ შემცირდება გამწოვი მილის დიფუზურობის ხარჯზე.

გაანგარიშების ეტაპზევე შესაძლებელია გამოსასვლელი სიჩქარის შერჩევა ყველა დანაკარგის მინიმალურობის გათვალისწინებით, ხოლო აუცილებელი სიმძლავრე განისაზღვროს ტურბინის სიგრძით. ამასთან, ტურბინის დაგრძელება, უმრავლეს შემთხვევაში, ჯდება უფრო იაფი, ვიდრე რეაქტიულ ტურბინებთან გამწოვი მილის მშენებლობა.

ხრახნული ტურბინის მუშა თვალი შეიძლება დაყენებულ იქნეს უშუალოდ ქვედა ბიეფის დონის ზემოთ და ნაწილობრივ ჩაძირულიც კი იყოს წყალში. ტურბინიდან გამომავალმა წყალმა და ცენტრიდანულმა ძალებმა არამუშა უბნებზე (არასრული დატვირთვით მუშაობისას) უნდა განდევნოს ქვედა ბიეფის წყალი. გარდა ამისა, ზემოდან ქვევით მოძრავი წყალი დამატებით აჩქარდება გრავიტაციული ძალების ზემოქმედებით და ამ ძალების ენერჯია გადაეცემა ტურბინას.



იმის გათვალისწინებით, რომ მუშა თვლის დიამეტრი გამოდის შედარებით მცირე, ჩამჩიანი ტურბინების ნაკლოვანება, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ მუშა თვლის ქვედა ბიეფის დონის ზემოთ დაყენების გამო სრულად არ გამოიყენება დაწნევა, ხრახნულ ტურბინებში დაყვანილია მინიმუმამდე.

უფრო მცირე დიამეტრის გამო და იმის გამო, რომ ფრთის ხრახნული სვლის შემცირებით შესაძლებელია წრიული სიჩქარის მნიშვნელოვნად გაზრდა, ხრახნული ტურბინის ბრუნვის სიჩქარე იქნება ბევრად მეტი, ვიდრე აქვს ჩამჩიან ტურბინას ისეთივე სიმძლავრისა და ისეთივე დაწნევის პირობებში.

ესე იგი, გენერატორის გაბარიტები და ღირებულება იქნება ბევრად ნაკლები. საკმაოდ მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტის გათვალისწინებით და ასევე ის, რომ ხრახნული ტურბინის დაყენება არ მოითხოვს ძვირად ღირებული სპირალური კამერის, წრიული მიმართველი აპარატის, მუშა კამერისა და გამწოვი მილის მშენებლობას, მოსალოდნელია ასეთი ტურბინების გამოყენება არა მხოლოდ მაღალი დაწნების შემთხვევაში, არამედ საშუალო და მცირე დაწნევის შემთხვევებშიც.

ძალის ღერძული შემდგენის კომპენსაციისთვის, რომელიც მოქმედებს საქუსლეზე, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ერთ ლილეზე შეწყვილებული ტურბინები ნაკადების საწინააღმდეგო მიმართულებებით და ფრთების საწინააღმდეგო მობრუნებით და მათი შებრუნებული პროფილებით.

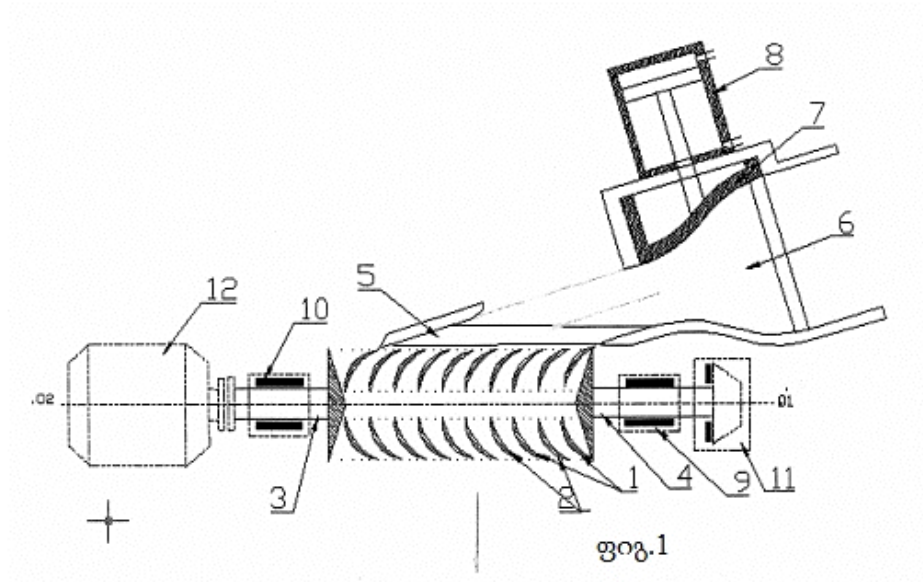
გარდა ამისა, ხრახნული ტურბინები კონფუზორული საქშენის გარეშე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ყველგან, სადაც კი არის წყლის ნაკადი. მაგალითად, ხრახნული ტურბინების დაყენება შეიძლება დახრილად, მწკრივად წყლის ნაკადის წინ, რომელიც გამოდის კაშხალზე არსებული ბრტყელი ფარის ქვეშიდან, როდესაც წყალმოვარდნის დროს მისი გავლით გაედინება ზედმეტი წყალი.

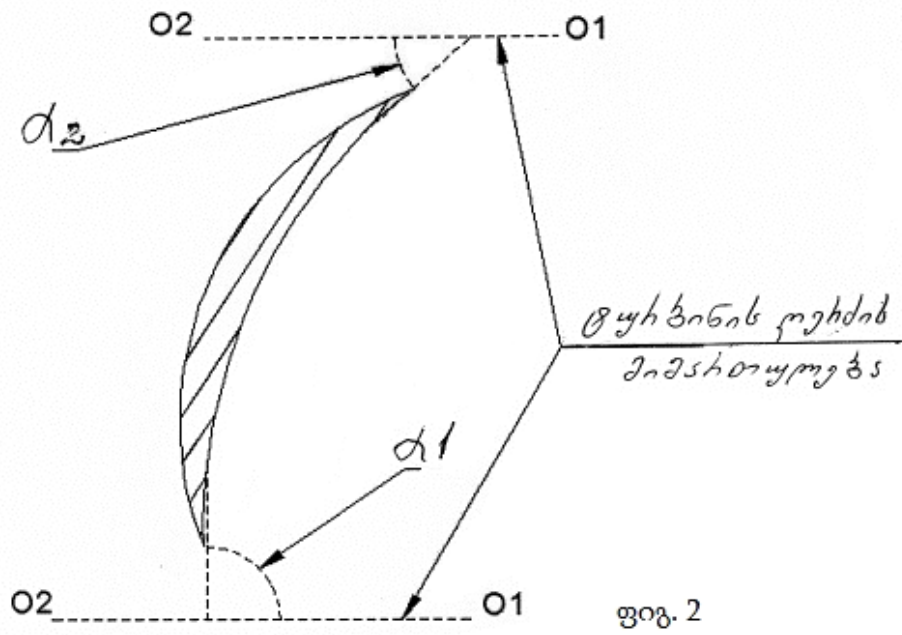
ხრახნული ტურბინების დამზადება ტექნიკის თანამედროვე განვითარების პირობებში არ წარმოადგენს სირთულეს. მაგალითად, ხრახნული ფრთების გამოჩარხვა შესაძლებელია ნამზადისგან კარუსელურ ჩარხზე, რომელშიც გათვალისწინებულია საჭრისის ავტომატური ღერძული მიწოდება. ნიმუშის არსებობისას ფრთების დამზადება შესაძლებელია ყალიბებში ფოლადის ჩამოსხმით. მიმდები კამერის მიმართველი ფრთები, ასევე, მზადდება ჩამოსხმით ან საფრეზავ ჩარხზე.

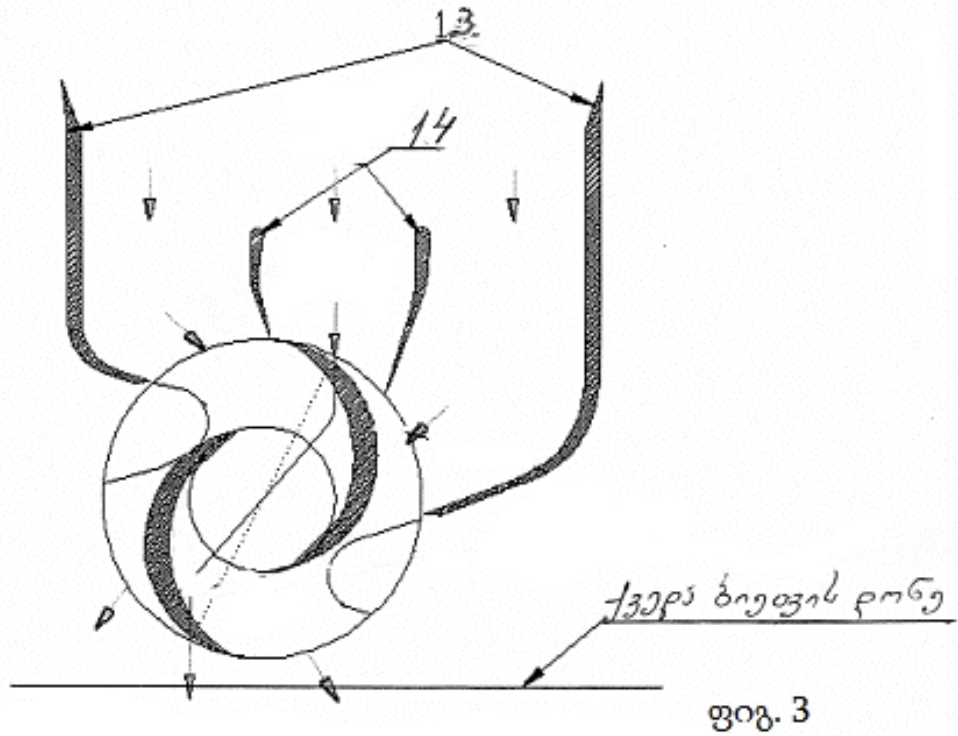
#### გამოგონების ფორმულა

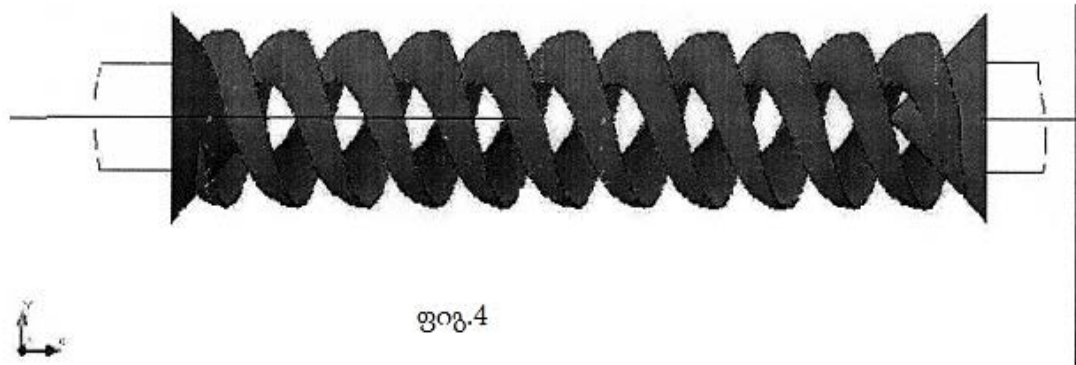
ხრახნული ტურბინა, რომელიც შეიცავს სპირალურ ფრთებს, ორ თანადერძულ ლილვს მიღტუჩებით, რომელზეც მიღულებულია ფრთები, ტურბინის ორ საკისარს, ერთ საქუსლეს, განსხვავდება იმით, რომ ფრთის პროფილი რადიალურ

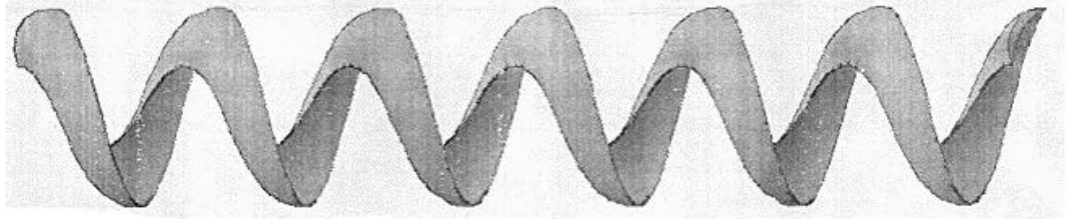
კვეთში შესრულებულია რკალისებურად, რომლის გარე რადიალური ბოლო ქმნის გაანგარიშების კუთხეს ტურბინის ღერძთან გარე დიამეტრზე, ხოლო პროფილის შიგა რადიალური ბოლო პერპენდიკულარულია ტურბინის ღერძის მიმართ შიგა დიამეტრზე, ამასთან, ტურბინა აღჭურვილია მიმღებ-მანაწილებელი კამერით, რომელსაც აქვს მიმმართველი ფრთები.











ფიგ.5

