

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნინო წულაია

ახალი კონსტრუქციის ვიბრაციული მანქანების
შექმნა და გამოკვლევა ტექნოლოგიური
პროცესების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2013 წ.

დისერტაცია შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტში
საწარმოო ტექნოლოგიური მანქანებისა და მექატრონიკის
დეპარტამენტი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სრული პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი მ. შილაკაძე

რეცენზენტები: 1. ტ.მ.დ., სტუ-ს სრული პროფესორი
თ. მჭედლიშვილი

2. ტ.მ.კ., სსიპ რ. დვალის მანქანათა მექანიკის
ინსტიტუტის უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
მ. თედოშვილი

დაცვა შედგება 2013 წლის “_____” _____” _____ სთ-ზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია № 404
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო
ავტორეფერატის – ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
სტუ-ს ასოცირებული პროფესორი
დ. ბუცხრიკიძე

საკითხის აქტუალობა. თანამედროვე ვიბრაციულ ტექნიკაში ელექტრო-ვიბრაციულ მანქანას ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. იგი წარმატებით გამოიყენება წარმოების თითქმის ყველა დარგში სხვადასხვა ტექნოლოგიური ოპერაციების შესასრულებლად.

ელექტროვიბრაციული მანქანის ძირითადი უპირატესობა სხვა ტიპის ვიბრაციულ მოწყობილობასთან შედარებით იმითაა განპირობებული, რომ მასში ამძრავად გამოყენებულია ელექტრომაგნიტური ვიბრატორი, რომელშიც სწორხაზოვანი რხევითი მოძრაობა ხორციელდება უშუალოდ, ბრუნვითი მოძრაობის საშუალებდო კინემატიკური რგოლების გარეშე. ამის შედეგად ელექტრომაგნიტურ ამძრავში არ არის მოხახუნე წყვილები, რაც საგრძნობლად აუმჯობესებს მანქანის საექსპლუატაციო პირობებს.

გარდა ამისა, ელექტროვიბრაციულ მანქანაში ადვილად ხორციელდება მუშა რეჟიმების უსაფრთხო ცვლა და ამასთან ერთად მასში მოცემულია ავტომატური და პროგრამული მართვის პრინციპული შესაძლებლობა.

პრაქტიკაში საკმაოდ გავრცელებულ სახეობას წარმოადგენს ერთი ან ორმასიანი ელექტროვიბრაციული სატრანსპორტო მანქანა. ასეთი ტიპის მანქანა მუშაობს, როგორც რეზონანსულ, ასევე არარეზონანსულ რეჟიმზე. აქვე შევნიშნავთ, რომ რეზონანსულ რეჟიმზე მომუშავე ვიბრაციული მანქანის უპირატესობას შეადგენს ის, რომ მასში ნაკლებია ენერჯის მოხმარების ხარჯი, და, შესაბამისად ნაკლებია ლითონტევადობა. მიუხედავად ამისა ამ კონსტრუქციის მანქანების ნაკლოვან მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ მათ გააჩნია ერთი მუშა ორგანო და ვიბრაციის გადაცემა გარემო პირობებზე საკმაოდ მნიშვნელოვანია.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. სამუშაოს მიზანია შეიქმნას სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანა, რომელიც წარმოადგენს ახალი კონსტრუქციის რეზონანსულ რეჟიმზე მომუშავე მანქანას და რომელსაც გააჩნია ორი მუშა ორგანო. ეს უკანასკნელი იძლევა საშუალებას ერთდროულად მოხდეს ორი სხვადასხვა ფიზიკომექანიკური მახასიათებლების მქონე სატრანსპორტო მასალის გადაადგილება. ამავე დროს, მანქანის პარამეტრების შერჩევით,

შესაძლებელია ამ სხვადასხვა მასალის უფრო ეფექტურად ტრანსპორტირება ან სეპარაცია. გარდა ამისა, ორი მასა (მუშა ორგანოები) მიმაგრებულია მესამე მასასთან რაც მანქანის პარამეტრების შერჩევით იძლევა საშუალებას მინიმალური გაჯახდოთ მთლიანად მანქანის მიერ გარემოზე ვიბრაციის მავნე გადაცემა.

კვლევების შესრულება მიმდინარეობდა ოთხი ძირითადი მიმართულებით: სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის რეალური კონსტრუქციული მოდელის დამზადება, სამმასიანი რხევითი სისტემების გაანგარიშების თეორიული საფუძვლების შექმნა, სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის ფიზიკური მოდელის მათემატიკური მოდელირება, გადასაადგილებელი ტვირთის მათემატიკური მოდელირება და სამმასიანი ვიბრომანქანის ფიზიკური მოდელის ექსპერიმენტული გამოკვლევა.

სამუშაოს მეცნიერული სიახლე.

1. დამზადებულია ახალი კონსტრუქციის სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის ფიზიკური მოდელი. ფიზიკური მოდელი გამოკვლეულია ექსპერიმენტულად.
2. შედგენილია სამმასიანი რხევითი სისტემების თეორიული გაანგარიშებისთვის საჭირო მათემატიკური გამოსახულებები დიფერენციალური განტოლებების სახით.
3. შემუშავებულია სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევების მეთოდები, რომლებიც იძლევა საშუალებას მანქანის სიახლე და მისი უპირატესობები სხვა ანალოგიური დანიშნულების მანქანებთან შედარებით სრულად იქნას წარმოჩენილი.
4. შედგენილია ვიბრაციულ-ტექნოლოგიური პროცესების ზოგადი მათემატიკური მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს ვიბრაციული მანქანის მახასიათებელ პარამეტრებთან ერთად, „დრეკად-ბლანტი-პლასტიკური“ ფორმით წარმოდგენილი სატრანსპორტო ტვირთის სხვადასხვა ფიზიკომექანიკურ მახასიათებლებსაც.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა. ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ შექმნილია ახალი კონსტრუქციის სამმასიანი ვიბრაციული მანქანა, რომელსაც აქვს ორი მუშა ორგანო და ერთდროულად შეუძლია სხვადასხვა ფიზიკო-

მექანიკური მახასიათებლების მქონე სატრანსპორტო მასალის გადაადგილება ტრანსპორტირების ოპტიმალური სიჩქარეებით. ამავე დროს მანქანა მუშაობს რეზონანსულ რეჟიმში და შედარებით ნაკლებია ენერგომოხმარება, მანქანის საექსპლუატაციო პარამეტრების რეგულირება კი ხდება მარტივად და მდოვრედ.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ მანქანის დაკიდება მზიდ კონსტრუქციაზე ხდება შუალედური მესამე მასის მეშვეობით, რაც საშუალებას იძლევა მინიმუმამდე შევამციროთ ვიბრაციის მავნე ზემოქმედება გარემო პირობებზე და მომსახურე პერსონალზე.

ახალი კონსტრუქციის სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანა, რომელიც მუშაობს ვიბრაციულ პრინციპზე, გამოკვლეულია დეტალურად როგორც თეორიულად ასევე ექსპერიმენტულად და მისი მუშაუნარიანობა დადგენილია. შესაძლებელია ასეთი ტიპის მანქანების სამრეწველო ნიმუშების შექმნა და გამოყენება იმ ტექნოლოგიურ პროცესებში სადაც არსებობს მოთხოვნა ასეთი ტიპის კონსტრუქციებზე.

პუბლიკაციები და აპრობაცია. დისერტაციის თემის შესატყვისად გამოქვეყნებულია ხუთი სამეც-ნიერო პუბლიკაცია. მათ შორისაა ერთი მონოგრაფია სტუ-ს გამომცემლობაში, ორი საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალში “Problems of Mechanics”, ერთი სამეცნიერო-ტექნიკურ ჟურნალში “ტრანსპორტი” და ერთი IX საერთაშორისო კონფერენციის კრებულში.

ნაშრომის მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლისა და სამი თავისაგან. მათ შორისაა პრობლემასთან დაკავშირებული გამოკვლევების ანალიზურ მიმოხილვა, შედეგები და მათ განსჯა, ექსპერიმენტული ნაწილი, მიღებული დასკვნები და გამოყენებული ლიტერატურა. ნაშრომი წარმოდგენილია ნაბეჭდი ტექსტით 118 გვერდზე, რომელიც შეიცავს 61 ნახაზს და გრაფიკს, 8 ცხრილს, 10 საილუსტრაციო ფოტოს და 56 გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალს.

სადისერტაციო ნაშრომის შინაარსი

შესავალში აღწერილია ვიბრაციული მანქანების სახეები და დანიშნულება, ასევე მათი გამოყენების სფეროები მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში. აღნიშნულია ის ნაკლოვანი მხარეებიც, რომლების მათ გააჩნიათ და შესაძლებლობები მათი ნაწილობრივ გამოსწორების მიზნით.

ჩამოყალიბებულია შესრულებული სამუშაოს თემის აქტუალობა და ის უპირატესობები, რომლებიც გააჩნია ახალი კონსტრუქციის შემოთავაზებულ სამმასიან ვიბრაციულ მანქანას სხვა ანოლოგიური დანიშნულების მანქანებთან შედარებით.

ლიტერატურულ მიმოხილვაში (თავი I) შესრულებულია სამუშაოში ჩასატარებელ კვლევების საკითხებთან დაკავშირებული წყაროების ანალიზი. კერძოდ, დახასიათებულია ვიბრაციული მანქანების მუშაობის სპეციფიკა და მუშაობის პრინციპები. განხილილია ამ მანქანების მუშაობის რეჟიმებიც რეზონანსთან ახლოს და მისგან მოშორებით. აღწერილია ამ მანქანათა ამძრავები, რომლებიც გამოირჩევიან თავიანთი მრავალფეროვნებით. მათგან უფრო მეტად აქცენტი გაკეთებულია ელექტრომაგნიტურ ვიბროამძრავებზე; დასაბუთებულია მათი უპირატესობები სხვა ტიპის ამძრავებთან შედარებით. შესაბამისად, აღწერილია ისეთი ტიპის ვიბრაციული მანქანები რომელთაც გააჩნიათ ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული ამძრავები.

სამუშაოში ცალკეა გამოყოფილი სამშენებლო საქმეში გამოყენებული ვიბრაციული მანქანები, მათ შორის საკმაოდ ფართოდ გავრცელებული ვიბრაციული მკვებავეები.

შესრულებული სამუშაოების შესწავლისა და ანალიზის საფუძველზე კვლევის ობიექტად აღებულია ვიბრაციული მკვებავი ორი მუშა ორგანოთი, რომელიც მუშაობს რეზონანსულ რეჟიმში და გააჩნია ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული ამძრავი. აღნიშნული მანქანის, სხვა ანალოგიური დანიშნულების მანქანებთან შედარებით, ეფექტურობის გაზრდის მიზნით, გამოიკვეთა შემდეგი ამოცანები:

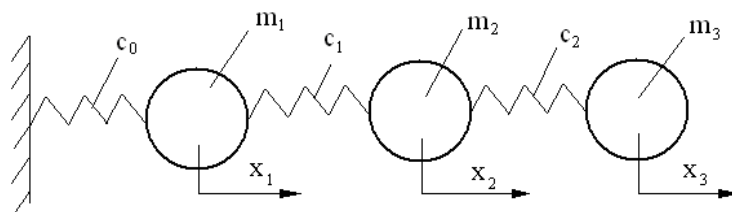
1. სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის მათემატიკური მოდელის შედგენა და მისი გამოკვლევა, რომლის საფუძველზე

მიღებული შედეგები, საშუალებას მოგვცემს თეორიულად დავადასტუროთ წინასწარ დასახული ამოცანები და მოსალოდნელი შედეგები.

2. ვიბრაციული მანქანის სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური პროცესის მათემატიკური მოდელირებით შესწავლა, რომელიც გვიჩვენებს ვიბრაციის პარამეტრებისა და გადასაადგილებელი ტვირთის სხვადასხვა ფიზიკო-მექანიკური თვისებების გავლენას ტრანსპორტირების სიჩქარეზე.

3. სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის ფიზიკური მოდელის ექსპერიმენტული გამოცდა მუშაობის სხვადასხვა რეზონანსულ რეჟიმებში, რომლებიც შედარებული იქნებოდა თეორიული გამოკვლევების ანალოგიურ შედეგებთან და დაგვიდასტურებდა დასმული ამოცანების განხორციელების შესაძლებლობას.

შედეგებსა და განსჯაში (თავი II) მოცემულია სამმასიანი მექანიკური რხევითი სისტემების გაანგარიშების თეორიული საფუძვლები. კერძოდ, მოყვანილია სამმასიანი სისტემის საანგარიშო სქემა და მასების მოძრაობების აღმწერი დიფერენციალური განტოლებების სისტემა, მიღებული ლაგრანჟის მეორე გვარის განტოლებაში შესაბამისი ჩასმების შედეგად. სამმასიანი სისტემის საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახ.1-ზე.

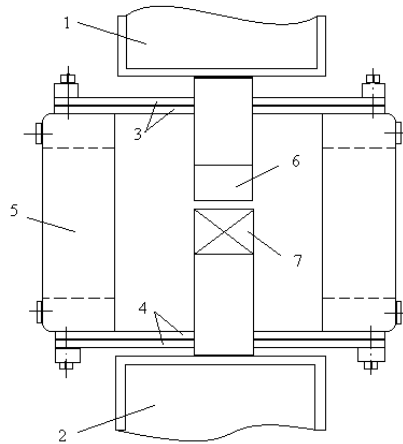


ნახ. 1. სამი თავისუფლების ხარისხის მქონე რხევითი სისტემის საანგარიშო სქემა

ნახაზ 1-ზე m_1, m_2, m_3 მასებია, c_0, c_1, c_2 მასების დამაკავშირებელი დრეკადი ელემენტებია, x_1, x_2, x_3 - მასების გადაადგილებებია. სისტემას კი აქვს შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{x}_1 + c_0 x_1 - c_1(x_2 - x_1) &= 0; \\
 m_2 \ddot{x}_2 + c_1(x_2 - x_1) - c_2(x_3 - x_2) &= 0; \\
 m_3 \ddot{x}_3 + c_2(x_3 - x_2) &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

საკვლევი რეალური ობიექტი წარმოადგენს სამმასიან ელექტრომაგნიტურ ვიბრაციულ მანქანას, რომლის კონსტრუქციული სქემა მოყვანილია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 2. სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის კონსტრუქციული სქემა

იგი შედგება 1 და 2 მუშა ორგანოებისგან (1 და 2 მასები), რომლებიც დამაგრებულია 3 და 4 დრეკადი ელემენტების შუაში. დრეკადი ელემენტების ბოლოები კი დამაგრებულია მესამე მასასთან-5. მუშა ორგანოები რხევით მოძრაობებში მოდიან ელექტრომაგნიტით, რომელიც შედგება 6 ღუზისა და 7 გულარისაგან. ელექტრომაგნიტი იკვებება ცვლადი დენის ქსელიდან ერთი ნახევარპერიოდის განმავლობაში. დრეკად ელემენტებს გააჩნიათ სიხისტის არაწრფივი მახასიათებლები, რაც განპირობებულია იმით, რომ მესამე მასასთან დრეკადი ელემენტების დამაგრების კონსტრუქციას აქვს საშუალება გადაადგილდეს დრეკადი ელემენტის გასწვრივ. შესაბამისად, შესაძლებელია დრეკადი ელემენტის არაწრფივობის ხარისხის რეგულირება. თვით არაწრფივობა იქმნება იმ გარემოებით, რომ რხევის ერთი ნახევარპერიოდის განმავლობაში დრეკადი ელემენტები (რესორები), შეხებაში არიან საყრდენებთან, რომლებიც მოთავსებულია ელემენტის შუა და განაპირა ჩამაგრებებს შორის, ხოლო მეორე ნახევარპერიოდში თავისუფლდებიან მათგან. შესაბამისად, მიუხედავად იმისა, რომ რხევის თითოეულ ნახევარპერიოდში დრეკადი ელემენტი შეიძლება განხილული იქნას როგორც სიხისტის წრფივი მახასიათებლის მქონე, ორ მიმდებარე ნახევარპერიოდში იგი არის არაწრფივი.

მოლიანად სისტემა იზოლირებულია მზიდი კონსტრუქციისგან მაღალი დემპფირების მქონე დაკიდებით (პირობითად ნაჩვენები არაა).

წარმოდგენილი კონსტრუქციის სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის მუშა რეჟიმების აღმწერი დიფერენციალური განტოლებების შესადგენად ნახ. 1-ზე წარმოდგენილ საანგარიშო სქემაში დაუშვათ, რომ სიხისტე $c_0=0$, ხოლო სისტემის დაკიდება მზიდ კონსტრუქციაზე ხორციელდება ერთ-ერთი შუალედი მასის მეშვეობით. ასეთი სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის მასების მოძრაობების აღმწერ დიფერენციალური განტოლებების (1) სისტემას ექნება შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + h_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_3) + c_1(x_1 - x_3) &= a\phi^2; \\ m_2 \ddot{x}_2 + h_2(\dot{x}_2 + \dot{x}_3) + c_2(x_2 - x_3) &= -a\phi^2; \\ m_3 \ddot{x}_3 - h_1(\dot{x}_1 + \dot{x}_3) + h_2(\dot{x}_2 + \dot{x}_3) + c_1(x_3 - x_1) + c_2(x_3 - x_2) &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

სადაც h_1, h_2 სიჩქარის პროპორციული წინააღმდეგობის ძალების მახასიათებელი კოეფიციენტებია.

განტოლებათა სისტემის მარჯვენა მხარეში მოთავსებული ϕ^2 წარმოადგენს ვიბრაციული მანქანის ელექტრომაგნიტის წვევის ძალით გამოწვეულ ადგზნებას. ამ სისტემის მათემატიკური მოდელირების გამარტივების მიზით შესაძლებელია მაგნიტური ნაკადის აღმწერი დიფერენციალური განტოლება შეიცვალოს ერთი წევრით, ანუ 2-ის მარჯვენა ნაწილში დარჩეს მხოლოდ ძირითადი რეზონანსის გამომწვევი მთავარი წევრი $\frac{b^2}{\omega^2}$.

თუ სისტემის სამივე განტოლებას გაყოფთ შესაბამის მასებზე და შემოვიღებთ აღნიშვნებს:

$$\begin{aligned} 2n_1 &= \frac{h_1}{m_1}, & 2n_2 &= \frac{h_2}{m_2}, & 2n_{31} &= \frac{h_1}{m_3}, & 2n_{32} &= \frac{h_2}{m_3}, & \omega_1^2 &= \frac{c_1}{m_1}, & \omega_2^2 &= \frac{c_2}{m_2}, \\ \omega_{31}^2 &= \frac{c_1}{m_3}, & \omega_{32}^2 &= \frac{c_2}{m_3}, & a_1 &= \frac{a}{m_1}, & a_2 &= \frac{a}{m_2}, \end{aligned}$$

და ჩავწერთ მას რხევათა ნახევარპერიოდების მიხედვით, მივიღებთ შემდეგ განტოლებათა სისტემებს:

ერთ ნახევარპერიოდში:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1 + 2n_1' \left(\dot{x}_1 - \dot{x}_3 \right) + \omega_1^{2'} (x_1' - x_3) &= a_1 \frac{b^2}{\omega^2} \sin^2 \omega t; \\ \ddot{x}_2 + 2n_2' \left(\dot{x}_2 + \dot{x}_3 \right) + \omega_2^{2'} (x_2' + x_3) &= -a_2 \frac{b^2}{\omega^2} \sin^2 \omega t; \\ \ddot{x}_3 + 2n_{31}' \left(\dot{x}_1 - \dot{x}_3 \right) + 2n_{32}' \left(\dot{x}_2 - \dot{x}_3 \right) + \omega_{31}^{2'} (x_1' - x_3) + \omega_{32}^{2'} (x_2' - x_3) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

მეორე ნახევარპერიოდში:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1 + 2n_1'' \left(\dot{x}_1 - \dot{x}_3 \right) + \omega_1^{2''} (x_1'' - x_3) &= a_1 \frac{b^2}{\omega^2} \sin^2 \omega t; \\ \ddot{x}_2 + 2n_2'' \left(\dot{x}_2 - \dot{x}_3 \right) + \omega_2^{2''} (x_2'' - x_3) &= -a_2 \frac{b^2}{\omega^2} \sin^2 \omega t; \\ \ddot{x}_3 + 2n_{31}'' \left(\dot{x}_1 - \dot{x}_3 \right) + 2n_{32}'' \left(\dot{x}_2 - \dot{x}_3 \right) + \omega_{31}^{2''} (x_1'' - x_3) + \omega_{32}^{2''} (x_2'' - x_3) &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

b - აგზნების ძალის მუდმივი კოეფიციენტი, ხოლო ω მოქმედი გარე ძალის წრიული სიხშირე.

შტრიხები გამოსახავენ შემოღებული აღნიშვნების და ცვლადი სიდიდეების მნიშვნელობებს ორ მიმდებარე ნახევარპერიოდში, რომლებიც შესაძლებელია იყოს სხვადასხვა.

3 და 4 განტოლებათა სისტემების ამოხსნის დროს მათი შერწყმის პირობებია: $x_1 = x_1'$, როდესაც $x_1 > 0$ და $x_1 = x_1''$, როდესაც $x_1 < 0$. ხოლო $x_2 = x_2'$, როდესაც $x_2 > 0$ და $x_2 = x_2''$, როდესაც $x_2 < 0$. მიუხედავად იმისა, რომ ორ მიმდებარე ნახევარპერიოდში დრეკადი ელემენტების სიხისტეები და შესაბამისად სიხშირეები არის სხვადასხვა, რხევების დროს მასებს გააჩნიათ ერთი საკუთარი ციკლური სიხშირე, რომლებიც უდრის მათ საშუალო არითმეტიკულებს $\omega_1 = \frac{\omega_1' + \omega_1''}{2}$ და $\omega_2 = \frac{\omega_2' + \omega_2''}{2}$

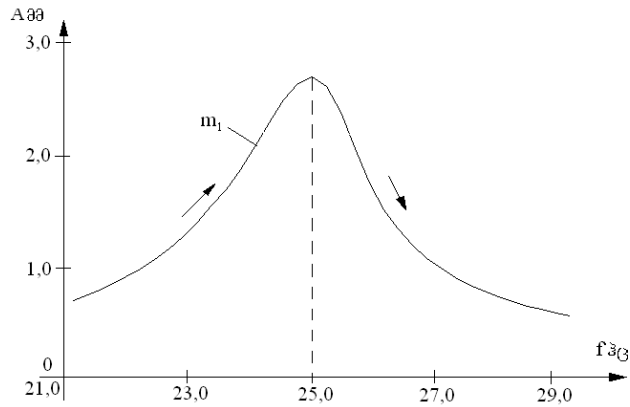
სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის მათემატიკური მოდელი 3-4 გამოკვლეული იქნა პერსონალურ კომპიუტერზე ციფრული ექსპერიმენტის მეთოდით.

რეზონანსულ რეჟიმში მომუშავე ელექტროვიბრაციული მანქანები აიწყო ერთ მუშა სიხშირეზე, რომელიც ძირითადად ელექტროქსელის სიხშირესთანაა დაკავშირებული (50 ჰც). ხშირ შემთხვევაში, სატრანსპორტო მასალის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლებისა და მისი ზომებიდან გამომდინარე საჭირო ხდება უფრო დაბალი ან მაღალი სიხშირის მქონე ვიბროამპრავების გამოყენება. ასეთ შემთხვევაში საჭირო ხდება დამატებითი მართვის სიტემის გამოყენება, რაც ართულებს სისტემას და ზრდის მთლიანად მანქანის ღირებულებას. მანქანაში არაწრფივი დრეკადი ელემენტების გამოყენებით შესაძლებელია მივიღოთ მუშა ორგანოების რხევათა ძირითად სიხშირესთან (ქსელის სიხშირე) ერთად დაბალი ან მაღალი რხევის სიხშირეები სუბჰარმონიულ და სუპერჰარმონიულ რეჟიმებში, არაწრფივობის ხარჯზე. სწორედ ასეთი ტიპის მანქანას წარმოადგენს შემოთავაზებული ახალი კონსტრუქციის ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანა, სადაც მასების დამაკავშირებელი დრეკადი ელემენტების სიხისტის არაწრფივობის რეგულირება შესაძლებელია მდოვრედ და ღრმად.

ვიბრაციული მანქანის მუშა რეჟიმებში ასევე მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს რხევის ამპლიტუდა, რომელიც ძირითადად ყველა არსებულ ვიბრომანქანაში რეგულირებადია გარკვეულ დიაპაზონში. იგივე მდგომარეობაა შემოთავაზებულ კონსტრუქციაშიც.

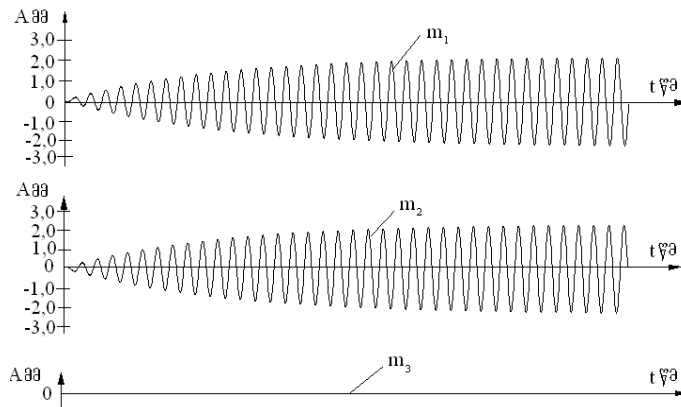
ქვემოთ მოყვანილი შედეგები უჩვენებენ თუ როგორი გავლენა აქვს მანქანის დრეკადი ელემენტების არაწრფივობას, ამ შემთხვევაში ციკლურ ასიმეტრიას, მანქანის მუშა რეჟიმებზე.

საწყის მაგალითად ნახ.3-ზე მოყვანილია სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის მუშა ორგანოების რხევების ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის დიაგრამა, როდესაც ციკლური სიხშირეები და დემპფირებები არის ტოლი. აგზნების ძალის სიხშირის ცვლილების დიაპაზონია 21.0 – 29.0 ჰც. დიაპაზონის გავლა ხდება დაბალი სიხშირიდან მაღლისკენ, რაც ნახაზზე ისრებითაა ნაჩვენები. განხილულ შემთხვევაში ორთავე მასის რხევების ამპლიტუდები ტოლია, ხოლო მაქსიმალური რეზონანსული ამპლიტუდები შეესაბამება აგზნების ძალის სიხშირეს 25 ჰც-ზე.



ნახ.3. სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის მუშა ორგანოს ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელი რეზონანსულ რეჟიმში
 $f_1' = f_1'' = f_2' = f_2'' = 25$ ჰც; $h_1' = h_1'' = h_2' = h_2'' = 5$

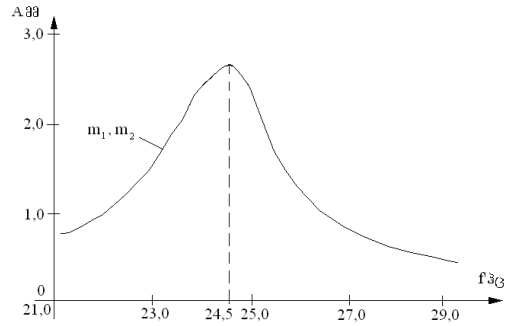
ნახ. 4-ზე ნაჩვენებია სამივე მასის რხევების ოსცილოგრამები მანქანის გაშვებიდან რხევების დამყარებულ რეჟიმებამდე. m_1 - პირველი მასაა, m_2 – მეორე მასა, ხოლო m_3 – მესამე მასა. აღზნების ძალის სიხშირე $f_s = 25$ ჰც.



ნახ. 4. მასების რხევების ოსცილოგრამები

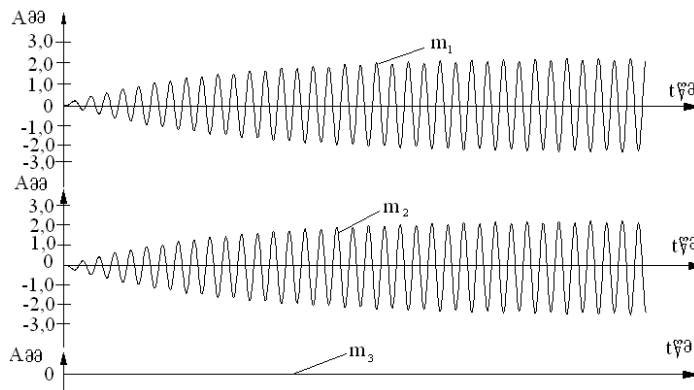
ოსცილოგრამებიდან ჩანს, რომ მესამე მასის რხევები ნულის ტოლია, ანუ იგი სივრცეში არის უძრავი.

შევიტანოთ ასიმეტრია პირველი და მეორე მასების დრეკად ელემენტებში, კერძოდ $f_1' = 25$ ჰც, $f_1'' = 24$ ჰც, $f_2' = 25$ ჰც, $f_2'' = 24$ ჰც, ხოლო დემპფირების მახასიათებლები დავტოვოთ იგივე, ანუ $h_1' = h_1'' = h_2' = h_2'' = 5$. შედეგი ნაჩვენებია ნახ. 5-ზე. მიუხედავად განსხვავებისა ციკლურ სიხშირეებში ორთავე მასის ამპლიტუდები ერთნაირია. შეიცვალა მხოლოდ რეზონანსული სიხშირე.



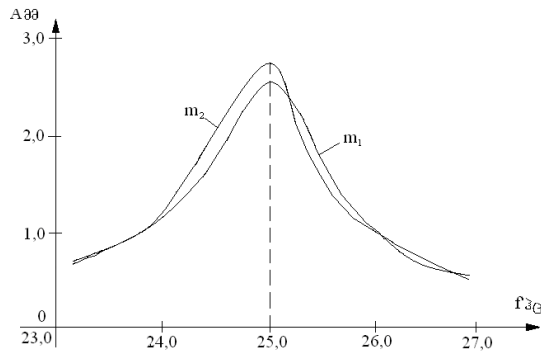
ნახ. 5. სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის ორივე მუშა ორგანოს ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლები რეზონანსულ რეჟიმში

ამ რეჟიმის შესაბამისი ოსცილოგრამები ნაჩვენებია ნახ. 6-ზე. აქაც მიუხედავად მასების ციკლური სიხშირეების განსხვავებისა მთლიანად სისტემა რჩება სიმეტრიული და მესამე მასის რხევებს ამ შემთხვევაშიც ადგილი არა აქვს. აგზნები ძალის რეზონანსული სიხშირე $f_3 = 24,5$ ჰც.



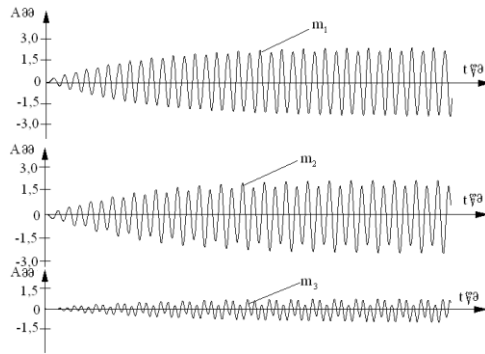
ნახ. 6. რხევითი მასების ოსცილოგრამები

ეხლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც ციკლური ასიმეტრია ერთერთი მასისათვის არის განსხვავებული. ამ შემთხვევის გრაფიკული მაგალითი მოყვანილია ნახ. 7-ზე. საინტერესოა, რომ ამ შემთხვევაში ისევ გვაქვს ერთი რეზონანსული სიხშირე, ხოლო მასების ამპლიტუდები განსხვავებულია. ამავე დროს რხევებს იწყებს მესამე მასაც. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ზემოთ განხილულ შემთხვევებში აგზნების ძალა იყო ერთნაირი. ამ უკანასკნელში კი მასების დაახლოებით იგივე რხევების ამპლიტუდების მისაღებად საჭიროა 20%-ით ნაკლები აგზნების ძალა.



ნახ. 7. მუშა ორგანოების ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლები განსხვავებული ასიმეტრის დროს
 $f_1' = 25 \text{ კჰც}$, $f_1'' = 25 \text{ კჰც}$, $f_2' = 23 \text{ კჰც}$, $f_2'' = 27 \text{ კჰც}$; $h_1' = h_1'' = h_2' = h_2'' = 5$

მასების შესაბამისი რხევების ოსცილოგრამები მოყვანილია ნახ. 8-ზე.

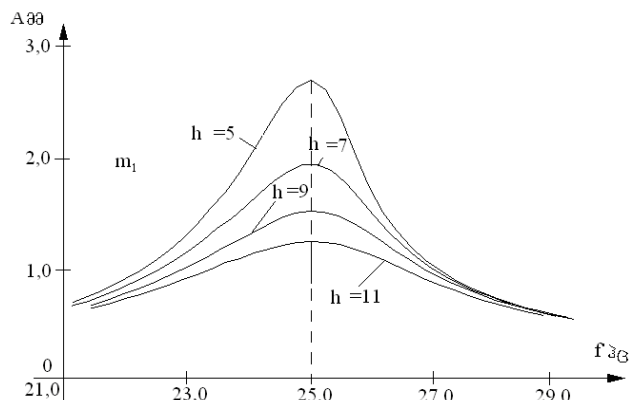


ნახ. 8. მასების რხევების ოსცილოგრამები
 $f_s = 25,0 \text{ კჰც}$

ამ სერიის ციფრულ ექსპერიმენტებში გამოიკვეთა ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება. თუ შევადარებთ 3, 5 და 7 გრაფიკებს, ამ უკანასკნელ შემთხვევაში შეიმჩნევა მუშა ორგანოების რხევების ამპლიტუდებს შორის სხვაობა, მაშინ როდესაც ორთავეს რხევის სიხშირე ერთიდაიგივეა. ეს კი მნიშვნელოვანია იმ თვალსაზრისით, რომ მუშა ორგანოებზე შესაძლებელია სხვადასხვა ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მქონე მასალების ტრანსპორტირება, მათი ტრანსპორტირების ოპტიმალური სიჩქარეების შენარჩუნების მიზნით.

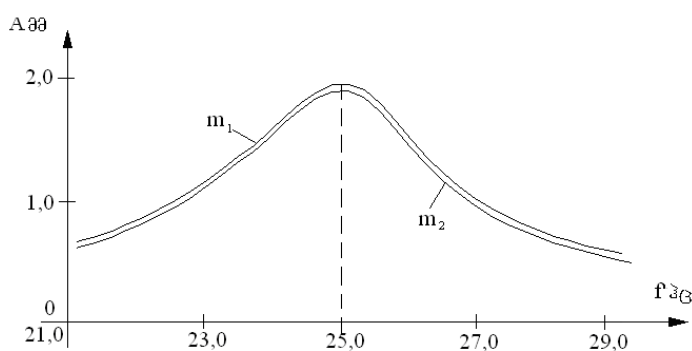
მათემატიკურ მოდელში გამოკვლეული იქნა ასევე სისტემის დემპფირების გავლენა მასების რხევების ამპლიტუდებზე. ნახ. 9-ზე ნაჩვენებია ერთერთი მასის რხევების შესაბამისი ამპლიტუდურ-სიხში-

რული მახასიათებლები. იქვე მოყვანილია სისტემის სიხშირისა და დემფირების მახასიათებლები.



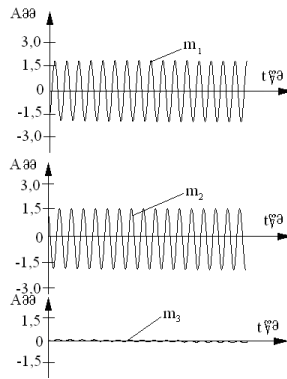
ნახ. 9. ერთეოლი მასის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლები სისტემის სხვადასხვა დემფირების დროს
 $f_1' = f_1'' = f_2' = f_2'' = 25$ ჰც; $h = h_1' = h_1'' = h_2' = h_2'' = 5, 7, 9, 11$

ნახ. 10-ზე ნაჩვენებია სისტემაში ციკლური სიხშირეების სიმეტრიულობის დროს დემფირების ასიმეტრიულობის შემთხვევა. როგორც გრაფიკიდან ჩანს ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელი უფრო მდოვრე ხდება, მაგრამ საგრძნობლად იკლებს მასების რხევების რეზონანსული ამპლიტუდები.



ნახ. 10. ორივე მასის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებელი სისტემის სხვადასხვა დემფირების დროს
 $f_1' = f_1'' = f_2' = f_2'' = 25$ ჰც; $h_1' = h_1'' = 5, h_2' = h_2'' = 9$

მასების რხევების შესაბამისი ოსცილოგრამები ნაჩვენებია ნახ. 11-ზე.



ნახ. 11. მასების რხევების ოსცილოგრამები
 $f_1' = f_1'' = f_2' = f_2'' = 25$ ჰც; $h_1' = h_1'' = 5$, $h_2' = h_2'' = 9$. $f_s = 25,0$ ჰც

საჭიროა შევნიშნოთ, რომ ბოლო შემთხვევაში ადგილი აქვს მესამე მასის რხევებსაც. შესაბამისად, მესამე მასის რხევებს იწვევს არა მარტო ციკლური სისწირების ასიმეტრია, არამედ ციკლური დემპფირების მახასიათებლების ასიმეტრიაც.

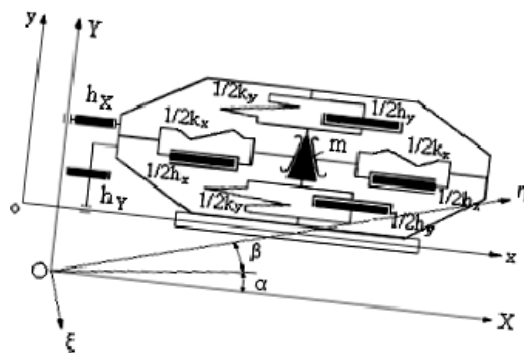
მოყვანილ თეორიულ გამოკვლევებში მიღებული შედეგები უჩვენებენ თუ როგორი გავლენა აქვს ახალი კონსტრუქციის ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის მუშა რეჟიმებზე კონსტრუქციული და მადემპფირებელი პარამეტრების ცვლილებას. შედეგები მიღებულია მანქანის მუშაობის ე.წ. უქმ სვლაზე, როდესაც არაა გათვალისწინებული გარე დატვირთვა, ანუ წინააღმდეგობის ძალები რაც გამოწვეულია გადასაადგილებელი მასალის დატვირთვით.

შესრულებულ სამუშაოში ჩატარებულია კვლევები, რომლებიც უჩვენებენ თუ რა გავლენა აქვს სატრანსპორტო მასალის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლების, ასევე მანქანის კონსტრუქციული თუ საექსპლუატაციო პარამეტრების ცვლილებებს, მანქანის საექსპლუატაციო მახასიათებელზე – გადასაადგილებელი მასალის ტრანსპორტირების სიჩქარეზე, რომელიც ძირითადია, როგორც საკვლევი მანქანისთვის ასევე სხვა ანალოგიური დანიშნულების მანქანებისთვისაც მათი მწარმოებლობის განსაზღვრის დროს.

ვიბროტრანსპორტირების სრულფასოვანი ანალიზის ჩასატარებლად საჭირო ხდება სატრანსპორტო ტვირთის შედარებით სრულყოფილი მოდელის გამოყენება. ამ შემთხვევაში მოდელი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ ორ პირობას: მან საკმაოდ ხარისხობრივად და საჭირო

სიზუსტით უნდა გაუწიოს მოდელირება პროცესებს, რომლებიც მიმდინარეობს რეალური სატრანსპორტო ტვირთების გადაადგილების დროს და უნდა იყოს მაქსიმალურად მარტივი და მოსახერხებელი კვლევებისათვის.

ასეთი მოდელი, რომელიც აკმაყოფილებს ზემოთაღნიშნულ პირობებს არის სატრანსპორტო ტვირთის ერთმასიანი დრეკად-ბლანტი-პლასტიკური მოდელი, რომელიც ვიბრაციული მანქანის მუშა ორგანოსთან ხისტად დაკავშირებულ მოძრავ xoy კოორდინატთა სისტემაში გამოისახება ნახ. 12-ზე მოყვანილი სახით:



ნახ. 12. სატრანსპორტო ტვირთის მუშა ორგანოზე განლაგების საანგარიშო სქემა

სადაც k_x და k_y სატრანსპორტო ტვირთის შრის მოდელში დრეკადი ელემენტების მუშა ორგანოს ზედაპირზე კონტაქტში მშრალი ხახუნის წყვილია, h_x , h_y და h_x , h_y კი ტვირთის შიგა და გარე ბლანტი წინააღმდეგობებია.

გამოვიყენოთ ორი უძრავი კოორდინატთა სისტემა: 1) $\eta O\xi$, რომლის η დერძი ემთხვევა მუშა ორგანოს რხევების მიმართულებას, სწორხაზოვანი რხევების დროს და 2) XOY , რომლის დერძები პარალელურია მოძრავი დერძების.

განვიხილოთ ვიბრაციული სატრანსპორტო მანქანის სატრანსპორტო ტვირთის შრის დრეკად-ბლანტი-პლასტიკური მოდელის მუშა ორგანოზე ვიბროტრანსპორტირების ზოგადი შემთხვევა, როდესაც მუშა ორგანო ასრულებს რხევებს β კუთხით და დახრილია ჰორიზონტის მიმართ α კუთხით.

საბოლოო სახით განტოლებების სისტემა, რომელიც მუშა ორგანოს მოძრაობებთან ერთად აღწერს ტექნოლოგიურ დატვირთვებს, გამოისახება შემდეგნაირად:

$$\ddot{x}_0 + 2n\dot{x} + \omega_0^2 x = -a \frac{b^2}{\omega^2} \cos^2 \omega t.$$

$$\ddot{y} + 2n_y \dot{y} + p_y^2 y = -\ddot{x}_0 \sin(\alpha + \beta) - g \cos \alpha;$$

$$\ddot{x} + 2n_x \dot{x} + p_x^2 x = -\ddot{x}_0 \cos(\alpha + \beta) + g \sin \alpha - 2n_x \left(\dot{x}_0 \cos(\alpha + \beta) + \dot{x} \right);$$

$$\ddot{y} + 2n_y \dot{y} = -\ddot{x}_0 \sin(\alpha + \beta) - g \cos \alpha; \quad (5)$$

$$\ddot{x} + 2n_x \dot{x} = -\ddot{x}_0 \cos(\alpha + \beta) + g \sin \alpha - 2n_x \left(\dot{x}_0 \cos(\alpha + \beta) + \dot{x} \right);$$

$$\ddot{x} = -\ddot{x}_0 \cos(\alpha + \beta) + g \sin \alpha - \operatorname{sign}(\dot{x}) \mu \left(p_y^2 y + 2n_y \dot{y} \right) - 2n_x \left(\dot{x}_0 \cos(\alpha + \beta) + \dot{x} \right).$$

5 დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემაში შემავალი სიდიდეები:

x_0, x, y - შესაბამისად, მუშა ორგანოს და მასზე ტექნოლოგიური დატვირთვის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური გადაადგილებებია;

$2n = \frac{h}{M}, \omega_0^2 = \frac{k}{M}$ - ვიბრაციული მანქანის დემპფირების მახასიათებელი და საკუთარი წრიული სიხშირეა;

a, b - აგზნების ძალის მახასიათებელი კოეფიციენტებია;

ω - აგზნების წრიული სიხშირეა;

$2n_x = \frac{h_x}{m}, 2n_y = \frac{h_y}{m}$ - გადასაადგილებელი ტვირთის შინაგანი წინააღმდეგობებია x და y მიმართულებებით;

$2n_x = \frac{h_x}{m}, 2n_y = \frac{h_y}{m}$ - ტვირთზე გარემოს მხრიდან მოქმედი წინააღმდეგობებია;

m - გადასაადგილებელი ტვირთის მასაა;

$$p_x^2 = \frac{k_y}{m}, p_y^2 = \frac{k_x}{m} - \text{ტვირთის საკუთარი სიხშირეებია;}$$

α, β - შესაბამისად მუშა ორგანოს ჰორიზონტის მიმართ და ვიბრაციის მიმართულების ჰორიზონტთან დახრის კუთხეებია;

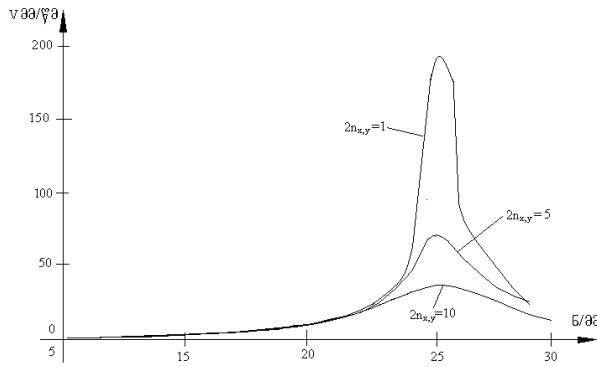
g - სიმძიმის ძალის აჩქარებაა;

აღნიშნული სიდიდეების რეალურთან მიახლოებული რიცხობრივი მნიშვნელობების ვარირების ზღვრებია:

$$2n = 10, \quad \omega_0 = 95 - 220, \quad a = 10 - 20, \quad b = 20 - 30, \quad \omega = 147 - 167, \\ 2n_x = 1 - 20, \quad 2n_y = 1 - 20, \quad 2n_x = 1 - 5, \quad 2n_y = 1 - 5, \quad m = 10, \\ p_x = 1 - 40, \quad p_y = 1 - 40, \quad \alpha = 10^0 - 20^0, \quad \beta = 15^0 - 25^0, \quad g = 9.81.$$

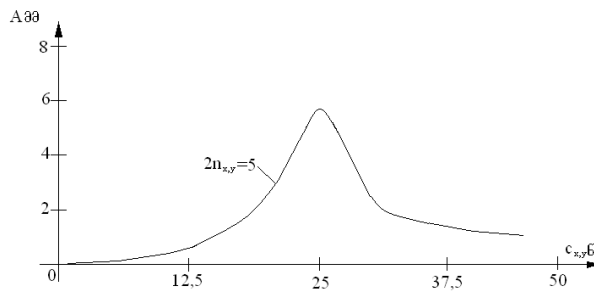
ქვემოთ მოყვანილ გრაფიკებზე ნაჩვენებია სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის ზოგად მათემატიკურ მოდელზე ციფრული ექსპერიმენტების ჩატარების შედეგები.

ნახ. 13-ზე ნაჩვენებია გრაფიკი, რომელიც შეესაბამება სატრანსპორტო ტვირთის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლის, კერძოდ, მისი დრეკადობის მახასიათებლის ფართო დიაპაზონში ცვალებადობის დამოკიდებულებას ტვირთის ტრანსპორტირების სიჩქარესთან. აღნიშნული დამოკიდებულება მიღებულია ტვირთის შინაგანი წინააღმდეგობის ძალების სამი სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის, რომლებიც გრაფიკზეა აღნიშნული. ამ შემთხვევაში ვიბრაციული მანქანის ამგზნები ძალის სიდიდე და მისი დრეკადი ელემენტის სიხისტე არიან ფიქსირებული სიდიდეები. გრაფიკიდან ჩანს, რომ ტრანსპორტირების მაქსიმალური სიდიდე მიიღება იმ რეჟიმში, როდესაც ტვირთის სიხისტე (დრეკადობა) ახლოსა მანქანის დრეკადი ელემენტის სიხისტესთან. გრაფიკიდან ასევე ჩანს, რომ ტვირთის შინაგანი წინააღმდეგობის ძალებს მნიშვნელოვანი გავლენა აქვთ მის ტრანსპორტირების სიჩქარეზე.



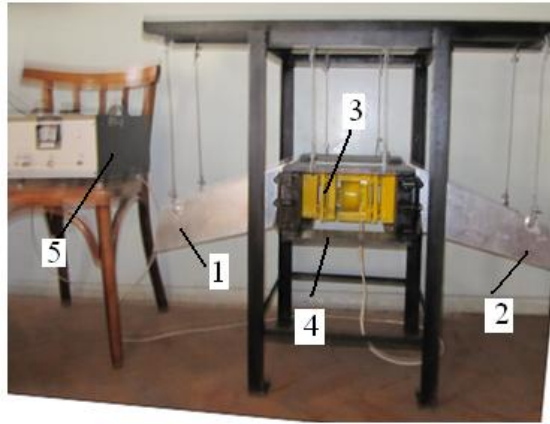
ნახ. 13. ტრანსპორტირების სიჩქარის დამოკიდებულება სატრანსპორტო ტვირთის დრეკადობაზე

შესწავლილი იქნა ასევე სატრანსპორტო ტვირთის მეორე ფიზიკო-მექანიკური პარამეტრის, შინაგანი დემპფირების გავლენა ტვირთის ტრანსპორტირების სიჩქარეზე, ცვლილებათა რეალურ დიაპაზონში, გარე წინააღმდეგობისა და აგზნების ძალის სიდიდისა და სიხშირის გავლენა ტვირთის ტრანსპორტირების სიჩქარეზე, ნაპოვნი იქნა მუშა ორგანოზე გადაცემის კუთხის ოპტიმალური მნიშვნელობა 20° -ს ფარგლებში, ტვირთის გადაადგილების ამპლიტუდის დამოკიდებულება ტვირთის დრეკადობის მახასიათებლის ცვლილებაზე. ამ უკანასკნელის გრაფიკი მოყვანილია ნახ. 14-ზე.



ნახ. 14. სატრანსპორტო ტვირთის გადაადგილების დამოკიდებულება ტვირთის დრეკადობის მახასიათებელზე

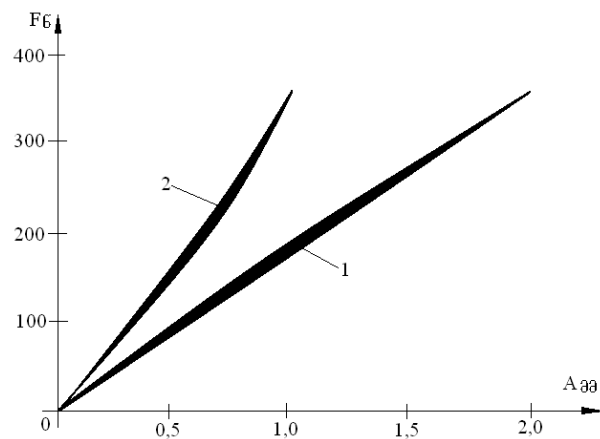
შედგებასა და განსჯაში (თავი III) მოცემულია სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის რეალური ფიზიკური მოდელის ექსპერიმენტული გამოკვლევა. მოდელის ფოტო ნაჩვენებია 1 სურათზე.



სურ. 1

სურათზე 1 – 2 მუშა ორგანოებია, 3 – ვიბრატორია, 4 – მესამე მასაა ხოლო 5 – მართვის სპეციალური ბლოკია.

პირველ რიგში ჩატარებული იქნა სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის ფიზიკური მოდელის დრეკადი ელემენტის ექსპერიმენტული გამოკვლევა. შედეგი მოყვანილია ნახ. 15-ზე.

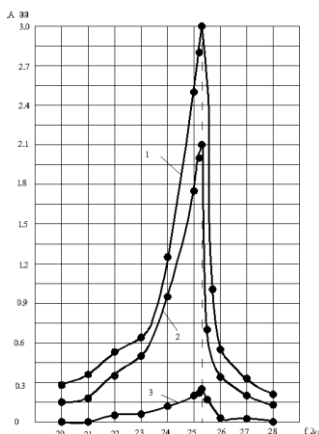


ნახ.15. დრეკადი ელემენტის სიხისტის რეალური მახასიათებლების გრაფიკები

ნახ. 15-დან ჩანს, რომ დრეკად ელემენტს ერთი მიმართულებით და მის საპირისპირო მიმართულებით გადაადგილების დროს გააჩნია სხვადასხვა სიხისტე.

ექსპერიმენტული გამოცდების ჩატარების შედეგად მიღებული რაზულტატები გრაფიკების სახით მოცემულია ქვემოთ.

ნახ. 16-ზე ნაჩვენებია ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლები სამივე მასისათვის, რომელთაგან ორი მუშა ორგანოა, ხოლო მესამე მუშა ორგანოებთან დაკავშირებული მთლიანი მანქანის დაკიდების მასა.

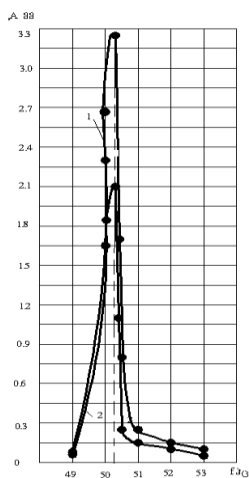


ნახ. 16. სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის მასების რხევების ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლები რეზონანსულ რეჟიმში

ექსპერიმენტული გრაფიკი მიღებულია ვიბრაციული მანქანის დრეკადი ელემენტების განსხვავებული ასიმეტრიის შემთხვევაში, ნახ.7-ზე წარმოდგენილი თეორიული გრაფიკის ანალოგიურად. შედეგი ისეთივეა, როგორც აღწერილი იყო მე-7 ნახაზზე.

ვიბრაციული მანქანა ექსპერიმენტულად გამოკვლეული იქნა როგორც ქსელის სიხშირეზე, ასევე სპეციალური კვების ბლოკით. ამ უკანასკნელში აგზნების სიხშირის რეგულირება შესაძლებელი იყო გარკვეულ დიაპაზონში.

ნახ-17-ზე მოყვანილია მანქანის მუშაობის ამსახველი ექსპერიმენტული გრაფიკი სუბჰარმონიულ რეზონანსულ რეჟიმში. რაც ნიშნავს, რომ აგზნების ძალის სიხშირე იყო ქსელის სიხშირის ტოლი (50 ჰც), ხოლო მანქანის საკუთარი სიხშირე მისი ნახევარი (25 ჰც).



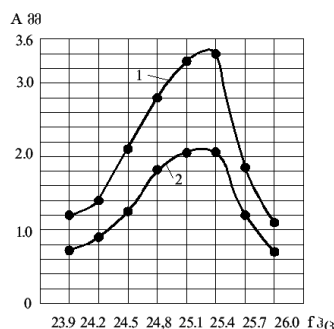
ნახ. 17. ვიბრაციული მანქანის მუშა ორგანოების რხევების ამპლიტუდების გრაფიკი სუბჰარმონიულ რეზონანსულ რეჟიმში

ამ სერიის ექსპერიმენტებში მანქანაზე აგზნების ძალის მიწოდების ფორმა იყო სინუსოიდალური. ძირითადად მრეწველობის მრავალ დარგში გამოყენებული ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანების კვება ხორციელდება სწორედ ასეთი ფორმის მქონე ცვალებადი სიგნალით. უმეტეს შემთხვევაში ეს უკანასკნელი განპირობებულია ქსელიდან კვებასთან, რომელშიც ძაბვის და დენის ცვალებადობას აქვს სინუსოიდალური ფორმა.

ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ ენერგეტიკულად უფრო მომგებიანია ძაბვისა და დენის ცვალებადობის სწორკუთხა ფორმა, რომლითაც შემოსაზღვრული ფართობი, ერთი ციკლის განმავლობაში, მეტია სინუსოიდით შემოსაზღვრულ ფართობთან შედარებით. შესაბამისად, ერთდაიგივე ენერგოდანახარჯების პირობებში რხევით სისტემაში, ამ შემთხვევაში ვიბრომანქანაში, შესაძლებელია მეტი ენერჯის შეტანა ისე, რომ მან გავლენა არ იქონიოს მუშა ორგანოების რხევით რეჟიმებზე, ხოლო ეფექტურობა კი გაიზარდოს.

ამ მიზნით დამზადებული იქნა სპეციალურად ვიბრომანქანების მოდელისთვის კვების ბლოკი, რომლის გამომავალ სიგნალს აქვს დენისა და ძაბვის ცვალებადობის სწორკუთხა ფორმა. გარდა ამისა კვების ბლოკს გააჩნია რხევების ამპლიტუდების რეგულირების საშუალება ელექტრომაგნიტის საპაერო ღრეჩოს ფარგლებში და ასევე რხევების სიხშირის ცვალებადობის საშუალებაც რეზონანსული სიხშირეების მახლობლობაში.

ქვემოთ მოყვანილ გრაფიკზე ნაჩვენებია სამმასიანი ვიბრომანქანის ექსპერიმენტული გამოცდის შედეგი სპეციალური ბლოკით კვების დროს.



ნახ. 18. ვიბრაციული მანქანის მუშა ორგანოების რხევების ამპლიტუდები სპეციალური ბლოკით კვების დროს

სამმასიან ელექტროვიბრაციულ მანქანებზე ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოცდების ორი სერიის, რაც მდგომარეობს მათი სინუსოიდალური და სწორკუთხოვანი ფორმის სიგნალებით კვებაში, ანალიზის შედეგად შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ მეორე შემთხვევაში მუშა ორგანოების ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლები, და ასევე მათი სიჩქარეები და აჩქარებები ხასიათდებიან მეტი სიმდოვრით. ნაკლებადაა გამოხატული ამ სიდიდეების მყისიერი, ნახტომისებური ცვლილებები. მანქანა მუშაობს უფრო სტაბილურ რეჟიმებში რხევების ამპლიტუდების მდგრადობის თვალსაზრისით, რაც ცხადია დადებითი მომენტია ტექნოლოგიური დატვირთვების დროს. რაც შეეხება თვით ტექნოლოგიურ დატვირთვებს, რომლებიც შეესაბამებიან სხვადასხვა ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლების მქონე მასალების მუშა ორგანოებით ტრანსპორტირებას, ისინი ცხადია გარკვეულწილად ცვლიან ვიბრაციული მანქანების საკუთარ სიხშირეს. ამ უკანაენელმა შესაძლოა გამოიწვიოს მუშა ამპლიტუდების მცირეოდენი ცვლილება, მაგრამ მათი აღდგენა, როგორც უკვე აღნიშნული გვექონდა, შესაძლებელია კვების ბლოკში არსებული აგზნების სიხშირის კორექტირებით.

ჩატარებული იქნა ასევე ექსპერიმენტული გამოკვლევები სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის ფიზიკურ მოდელზე სატრანსპორტო მასალების დოზირებული მიწოდების განსაზღვრის მიზნით.

ქვემოთ მოყვანილ სურათებზე ნაჩვენებია სამმასიანი ელექტროვიბრაციული მანქანის ფიზიკური მოდელის გადასაადგილებელი მასალების ტრანსპორტირების სურათები.

ხშირ შემთხვევაში, მაგალითად ბეტონის ხსნარის მოსამზადებლად, საჭირო ხდება ორი ფრაქციის, ცემენტისა და ქვიშის, გარკვეული თანაფარდობით მომზადება. სამმასიან ვიბრაციულ მანქანაში ეს პროცესი ადვილად ხორციელდება მუშა ორგანოების სხვადასხვა სატრანსპორტო სიჩქარის არსებობის გამო. სხვადასხვა მასალების, კერძოდ, ცემენტისა და ქვიშის ტრანსპორტირების პროცესი ნაჩვენებია 2 ა) და ბ) სურათზე.

სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის მუშა ორგანოებით სხვადასხვა ნატეხი მასალების ტრანსპორტირების შედეგად მიღებული გარკვეული მოცულობები კი ნაჩვენების 3 სურათზე.



სურ. 2. სხვადასხვა მასალის ტრანსპორტირების პროცესი



სურ. 3. ნატეხი მასალების სხვადასხვა მოცულობები

დასკვნა

1. დამზადებულია ახალი კონსტრუქციის სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის ფიზიკური მოდელი.

2. შედგენილია სამმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული მანქანის მათემატიკური მოდელი, რომელშიც გათვალისწინებულია მანქანის საანგარიშო პარამეტრები და კონსტრუქციული თავისებურებები.

3. ციფრული ექსპერიმენტების მეთოდით ჩატარებულია ახალი კონსტრუქციის ვიბრაციული მანქანის მათემატიკური მოდელირება და მიღებული შედეგები წარმოდგენილია დიაგრამების და ცხრილების სახით. ექსპერიმენტები ჩატარებულია როგორც საანგარიშო პარამეტრების ცვილილების, ასევე ელექტრომაგნიტის აგზნების ძალის სხვადასხვა მნიშვნელობების დროს მანქანების მუშაობის რეზონანსულ რეჟიმებში.

4. შედგენილია ვიბრაციულ-ტექნოლოგიური პროცესების ზოგადი მათემატიკური მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს ვიბრაციული მანქანის მახასიათებელ პარამეტრებთან ერთად, დრეკად-ბლანტი-პლასტიკური ფორმით წარმოდგენილი სატრანსპორტო ტვირთის სხვადასხვა ფიზიკო-მექანიკურ მახასიათებლებსაც.

5. ჩატარებულია ვიბრაციულ-ტექნოლოგიური პროცესების ზოგად მათემატიკურ მოდელზე ციფრული ექსპერიმენტები და მიღებული შედეგები წარმოდგენილია დიაგრამების სახით. დიაგრამებით ილუსტრირებულია მასალის ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლების გავლენა სატრანსპორტო ტვირთის ტრანსპორტირების სიჩქარეზე.

6. ჩატარებულია სამმასიანი ვიბრაციული მანქანების ფიზიკური მოდელის ექსპერიმენტული გამოკვლევები რეზონანსულ რეჟიმებში აგზნების ძალის სხვადასხვა სიდიდისა და სიხშირის მნიშვნელობების დროს. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლების დიაგრამების სახით.

7. სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგებმა უჩვენა მათი კარგი თანხვედრა და დაადასტურა ერთ მანქანაზე ორი მუშა ორგანოს გამოყენების შესაძლებლობა სატრანსპორტო ტექნოლოგიური პროცესების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით.

ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული იქნა IX საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე “IX International Conference on the Improvement of the Quality, Reliability and Long Usage of Technical Systems and Technological Processes“ ეგვიპტის ქალაქ შარმ ელ შეიხში.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია მონოგრაფიისა და სტატიების სახით სამეცნიერო-ტექნიკურ ჟურნალებში:

1. ჰ. წულაია, ნ. წულაია. მექანიკური რხევების თეორია და ვიბრაციული მანქანები. სტუ, თბილისი, 2010. 178 გვ.
2. ნ. წულაია, მ. წულაია. სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის თეორიული გამოკვლევა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “ტრანსპორტი” №1-2 (41-42) 2010. გ.ვ. 66-70.
3. Г. Цулая, Н. Цулая. Исследование динамики трехмассной вибрационной машины с целью повышения эффективности технологических процессов. Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции. Шарм Ель Шеих, Египет, 2010. Стр. 159-160.
4. ნ. წულაია, მ. შილაკაძე. სამმასიანი ვიბრაციული მანქანის ექსპერიმენტული გამოკვლევა. გამოყენებითი მექანიკა. ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2011. გ.ვ. 124-130.

Abstract

In this work, there are represented theoretical and experimental research results of new construction three-mass vibration machine, which are aimed to increase the efficiency of technological processes.

The introduction contains description of vibration machines types and their purpose, as well as the industry fields where these machines are used. This part of work also contains the weaknesses of vibration machines and partially the possibilities for their improvement.

There are defined the importance of the subject, which is researched in this work and also the advantages of represented new construction three-mass vibration machine, comparing them to other machines with similar purpose.

The aim of the work includes the importance of creation three-mass electromagnetic vibration machine, which represents the new construction resonance machine and which has two working bodies for transportation or separation of two different materials. Besides, it shows constructional innovation, which gives us the possibility to minimize harmful vibration influence on the environment.

The scientific innovation of the work is focused on developed methodology of theoretical and experimental research of three-mass vibration machine, which give us the possibility to show the innovation and advantages of the machine, comparing to the machines with similar purpose. This includes the research methods of vibration-technological processes with general mathematical model, which takes into account not only characteristics of vibration machine, but also the physical characteristics of transportation materials.

At the same time, there is defined the scientific and practical importance of the work, which determines that there is created new construction three-mass vibration machine with two working bodies, which can transport different materials with different physical-mechanical characteristics in optimal speed. This machine works in resonance mode that ensures less power consumption and the regulation of machine maintenance can be done in simple and smooth manner.

After definition of research tasks, there are given overview and analysis of materials, concerned with the subject. There are discussed the characteristics of vibration machines with different construction and purpose, the classification and significant differences of their engines. In particular, there are determined vibration machines, which are used in technological processes in construction industry. More attention is paid to vibration machines, which work in resonance mode and have electromagnetic engine due to their advantages of constructional and maintenance characteristics.

In theoretical part of this work, there is created general mathematical model of three-mass vibration systems, which is used then for description of real three-mass vibration machine working processes with particular construction.

Also, theoretical part includes general mathematical model, which describes not only the characteristics of vibration machine itself, but at the same time the physical-mechanical characteristics of transportation materials.

Both models were experimented many times with special computer software and the results of these experiments are represented in form of graphs and tables.

In experimental part of this work, there are given detailed research results of three-mass vibration machine working modes, including the modes with and without load. This determines optimal parameters of working modes.

Results, achieved during the experiments are represented in form of amplitude-frequency diagrams and photos.

The results achieved during the theoretical and experimental research are much closed to each other, that gives us the proof of that we have achieved the goal defined in the work and which can be stated as follows: There was created new construction three-mass vibration machine with electromagnetic engine, which works in resonance mode and it has two working bodies, which can be used in different modes simultaneously. Also, this machine is characterized with minimal harmful vibration influence on external environment.